



UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID
ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO

ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL

MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER
DISEÑO DE ESTRUCTURA E INSTALACIÓN
DE UNA DESALADORA EN LA PROVINCIA
DE MÁLAGA

Alumno: D^a. SILVIA GARCÍA GUIJO

Director: D. CARLOS JESÚS VEGA VERA

ENERO 2025

TÍTULO: Diseño de estructura e instalación de una desaladora en la provincia de Málaga

AUTOR: Silvia Garcia Guijo

DIRECTOR DEL PROYECTO: Carlos Jesús Vega Vera

FECHA: 31 de enero de 2025

RESUMEN

Las plantas desaladoras son plantas de gestión y tratamiento de agua de mar o salobre cuyo objetivo es proveer el abastecimiento a hogares, industria y agricultura. Estas instalaciones dan una serie de tratamientos a dicha masa de agua para que posteriormente se valoricen y puedan reutilizarse para generar una economía circular y así poder acabar con la escasez de agua. Siendo este un factor decisivo en ciertas zonas de nuestro país en particular, y en el planeta en general.

En la actualidad existen diferentes procesos de desalación. No obstante, el proceso que mejor equilibra la calidad del agua producida con los costes de implantación y de explotación es el de separación por membranas mediante ósmosis inversa (R.O., siglas en inglés), siendo esta la tecnología escogida para este proyecto.

Este proyecto tiene como objetivo principal el diseño constructivo de la planta englobando la decisión de ubicación de la obra hasta su puesta en marcha, incluyendo la instalación de la tecnología de desalación. Se diseñarán las diferentes zonas y lugares por los que el agua pasará desde la obra de toma, pasando por el edificio de procesos, depósitos de regulación y conducciones, hasta la obra de vertido. Además, se realizará un estudio económico para valorar y estimar el presupuesto de la implementación de la planta desaladora.

Palabras clave: Agua, desalación, sequía, osmosis inversa, membrana.

ABSTRACT

Desalination plants are seawater or brackish water management and treatment plants whose goal is to supply water to homes, industry and agriculture. These facilities provide a series of treatments to this mass of water so that it can later be valued and reused to generate a circular economy and thus be able to end water scarcity. This being a decisive factor in certain areas of our country in particular, and on the planet in general.

Currently, there are different desalination processes. However, the process that best balances the quality of the water produced with the implementation and operating costs is membrane separation using reverse osmosis (R.O), this being the technology chosen for this academic project.

The main goal of this project is the constructive design of the plant from the decision of place where the work is to be carried out until its start-up, including the installation of the desalination technology. The different areas and places through which the water will pass from the intake works, passing through the process building, regulation tanks and pipelines, to the discharge works will be designed. In addition, an economic study will be carried out to assess and estimate the budget for the implementation of the desalination plant.

Key words: Water, desalination, drought, reverse osmosis, membrane.

Índice

1.	CAPÍTULO 1: OBJETO Y OBJETIVOS DEL PROYECTO	10
2.	CAPÍTULO 2: INTRODUCCIÓN	11
2.1.	Contexto nacional	11
2.2.	Tecnologías aplicadas en el proceso de desalación	13
2.3.	Usos	18
2.4.	Normativa	20
3.	CAPÍTULO 3: OSMOSIS INVERSA	22
3.1.	Desarrollo de la tecnología	22
3.2.	Fases	24
3.3.	Ventajas e inconvenientes	25
4.	CAPITULO 4: INSTALACIÓN	28
4.1.	Análisis y caracterización del agua y la demanda	28
4.2.	Componentes	31
4.2.1.	Membranas	31
4.2.2.	Módulos de ósmosis inversa	36
4.2.3.	Bombeo de alta presión	39
4.2.4.	Tanque de agua producto	40
4.2.5.	Sistema de retroceso	41
4.2.6.	Equipos de descarga de salmuera	41
4.3.	Mantenimiento	43
4.3.1.	Instrumentación	43
4.3.2.	Sistema de limpieza	45
4.3.3.	Limpieza de membranas	45
4.3.4.	Mantenimiento de bombas de alta presión	45
4.3.5.	Control y monitorización de la calidad del agua	46
5.	CAPITULO 5: ASPECTOS CONSTRUCTIVOS	47
5.1.	Localización y dimensionamiento	47
5.2.	Infraestructura	50
5.2.1.	Obra de toma de agua	51
5.2.2.	Edificio de procesos	52
5.2.2.1.	Pretratamiento del agua	52
5.2.2.2.	Ósmosis inversa	54

5.2.3.	Post- Tratamiento e Impulsión de agua tratada	55
5.2.3.1.	Depósito de almacenamiento	55
5.2.4.	Dispositivos de regulación y conducciones	56
5.2.5.	Obras de suministro eléctrico.....	57
5.3.	Edificios: Diseño constructivo	57
5.3.1.	Edificio de bombeo de agua de mar	58
5.3.2.	Edificio de ósmosis.....	58
5.3.3.	Salas de oficinas.....	59
5.3.4.	Salas de vestuario, laboratorio y control	60
5.3.5.	Salas de taller y servicios auxiliares	60
5.3.6.	Galería de filtros	61
5.3.7.	Área de depósito de almacenamiento.....	61
6.	CAPÍTULO 6: PRESUPUESTO	63
7.	CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y TENDENCIAS	67
8.	CAPÍTULO 8: ANEXO	70
8.1.	Anexo 1: Número de habitantes por municipio de la Comarca de La Axarquía. Año 2023	70
8.2.	Anexo 2: Pronóstico de la situación de sequía pluviométrica para los próximos 12 meses	71
8.3.	Anexo 3: Consumo medio diario en las capitales de provincia de Andalucía. Datos recopilados años 2020 y 2023.	72
8.4.	Anexo 4: Diagramas de flujo modelo	73
8.5.	Anexo 5: Plano general planta desaladora	74
8.6.	Anexo 6: Fichas técnicas	75
8.7.	Anexo 7: Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación.....	96
8.8.	Anexo 8: Ficha técnica correas	97
8.9.	Anexo 9: Ficha técnica vigas delta.....	98
8.10.	Anexo 10: Ficha técnica pilares.....	100
9.	CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA.....	101

Índice Ilustraciones

Ilustración 1. Mapas principales desaladoras de España (Fuente: Fundación Aquae) ...	13
Ilustración 2. Desalinización por destilación (Fuente: Alternativas a los procesos de desalinización del agua de mar)	15
Ilustración 3. Proceso de evaporación súbita multietapa (MSF) (Fuente: ECOAGUA) ...	15
Ilustración 4. Evaporación por compresión térmica de vapor. (Fuente: Norland Int'l, 2004)	16
Ilustración 5. Destilación solar (Fuente: Desalación mediante energía solar térmica directa)	17
Ilustración 6. Método de electrodiálisis. (Fuente: Electrodialysis process used to purify salt water By Dr. A. G. Sajjan VPKBIET, Baramati)	17
Ilustración 7. Desarrollo tecnología Osmosis inversa	23
Ilustración 8. Procesos Osmosis.....	24
Ilustración 9. Fases modelo proceso Osmosis inversa	25
Ilustración 10. Balance de materia	30
Ilustración 11. Calidad del agua de aporte de la desaladora	30
Ilustración 12. Membranas de poliamida aromática	33
Ilustración 13. Función de las membranas (Fuente: SYPYSA)	34
Ilustración 14. Datos análisis agua de mar	34
Ilustración 15. Membranas recomendadas	35
Ilustración 16. Especificación del sistema	35
Ilustración 17. Configuración en paralelo de una etapa	38
Ilustración 18. Configuración de doble etapa.....	39
Ilustración 19. Bombas centrífugas de cámara partida	40

Ilustración 20. Zona La Axarquía, provincia de Málaga.....	47
Ilustración 21. Vista aérea de la costa de La Axarquía	48
Ilustración 22. Situación de sequía pluviométrica por comarcas agrarias. Diciembre 2023 (Fuente: Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul - Junta de Andalucía)	49
Ilustración 23. Emplazamiento	49
Ilustración 24. Desaladora de agua de mar del Campo de Dalías, Almería	50
Ilustración 25. Esquema procesos planta-proyecto.....	51
Ilustración 26. Caseta de bombeo	58
Ilustración 27. Edificio de ósmosis	59
Ilustración 28. Sala de oficinas	59
Ilustración 29. Sala de vestuario, laboratorio y control	60
Ilustración 30. Salas de taller y servicios auxiliares	60
Ilustración 31. Galería de filtros.....	61
Ilustración 32. Depósito agua producto	62
Ilustración 33. Fuentes del sector hidráulico Datos cartográficos (Fuente: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente).....	72
Ilustración 34. Esquema de funcionamiento ejemplo de planta desaladora de Torre Vieja	73
Ilustración 35. Plano general	74

Índice de Tablas

Tabla 1. Composición iónica de agua de mar	31
Tabla 2. Categorías membranas.....	33
Tabla 3. Población por municipios	50
Tabla 4. Detalle costes planta	63
Tabla 5. Detalle costes bombas	64
Tabla 6. Detalle costes filtros	64
Tabla 7. Detalle costes unidad de OI	64
Tabla 8. Detalle costes IP	64
Tabla 9. Detalle costes depósitos	65
Tabla 10. Sumatorio costes equipos	65
Tabla 11. Detalle costes pilares.....	65
Tabla 12. Detalle costes viga delta	66
Tabla 13. Detalle costes correas.....	66
Tabla 14. Sumatorio costes estructura	66
Tabla 15. Detalle final presupuesto.....	66
Tabla 16. Número de habitantes por municipio de la Comarca de La Axarquía. Año 2023	70
Tabla 17. Pronóstico de la situación de sequía pluviométrica para los próximos 12 meses a partir de diciembre 2023. (Fuente: Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul - Junta de Andalucía)	71

1. CAPÍTULO 1: OBJETO Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objeto principal de este proyecto es el desarrollo de una planta orientada a la desalación de agua salada para el tratado y posterior uso en la comunidad autónoma de Andalucía, en la comarca de La Axarquía, provincia de Málaga.

La planta consistirá en una instalación industrial dedicada a la producción de agua potable y de calidad con el objetivo que pueda ser consumida por los hogares y por las explotaciones agrícolas de la zona. Se diferenciarán cada uno de los edificios que componen la planta, cada uno de ellos dedicados a una parte del proceso o en su lugar, de apoyo al correcto funcionamiento de esta.

Por tanto, los objetivos que se pretenden analizar son los siguientes:

- Estudio del proceso al que se someterán la masa de agua salada proveniente del mar, realizando unas bases de diseño y desarrollando el diagrama de flujo del proceso.
- Se hablará del emplazamiento de esta y se proporcionaran planos y dimensiones básicos.
- Se enumerarán los equipos utilizados para el proceso de desalación, así como sus datos técnicos.
- Se realizará el dimensionamiento de las distintas zonas en las que se compone la planta: Edificio de bombeo de agua de mar, Edificio de ósmosis, Sala de oficinas, Sala de vestuario, laboratorio y control, Taller y servicios auxiliares, Galería de filtros y, por último, área de depósito de almacenamiento.
- Y, por último, se llevará a cabo la realización del presupuesto estimado.

2. CAPÍTULO 2: INTRODUCCIÓN

2.1. Contexto nacional

Como es bien conocido, el planeta Tierra podría existir bajo el nombre de planeta “Agua” ya que el 75% de su superficie está cubierto por este elemento. De esta cantidad se conoce que el total de agua salada asciende al 97,5%, superando con creces al 2,5% de agua dulce restante. De este porcentaje restante de agua dulce solo se puede sacar provecho de forma sencilla y viable de un 0,3% ya que el resto se encuentra en cavidades subterráneas o conformando glaciales. Por lo que, a partir de esta breve descripción, damos introducción a la memoria de este proyecto, en el que se pretende mostrar las ventajas que nos ofrece la desalación en el planeta Tierra.

Nuestro país es referente mundial en las tecnologías de desalación siendo el primero en toda Europa en construir una planta dedicada a este tipo de instalaciones, en el año 1965. A partir de este hito, se han desarrollado un avance exponencial de las instalaciones en España, llegando a contar con más de 900 desaladoras en funcionamiento con una capacidad instalada superior a 4,5 millones de m³/día.

Hoy en día España es pionero en la gestión y planificación de este recurso dentro de lo que se denomina “Planificación hidrológica” llevando a cabo una optimización y mejora constante en los procesos de explotación y diseño de este tipo de instalación. Como dato, España es el primer país de Europa y tercero del mundo en capacidad desaladora instalada.

Esta situación no es fruto de la casualidad, ya que nuestro país cuenta con diferentes climatologías y ambientes según el territorio en el que nos encontremos. Esto da como resultado que se den lugar situaciones muy diversas, en la que la disponibilidad de recursos de agua es limitada y de forma paralela, la variabilidad en demandas. Ya es así con datos del año 2023 de la AEMET, en el Cantábrico, Santander se registró un total de 1203.4 l/m² y en Andalucía, en concreto, Málaga, se tiene un histórico total anual de 147 l/m².

Los problemas derivados de las sequías son uno de los aspectos más sensibles en algunas zonas y su ocurrencia tiende a ir en aumento. Esta situación se agrava especialmente en zonas de litoral mediterráneo.

Del mismo modo, esta situación se verá empeorada por el innegable cambio climático y será un factor crucial que tener en consideración en la planificación y gestión hidrológica de todas las zonas. Según estudios realizados sobre la materia, se calcula una disminución entre el 10 y el 20 % de las aportaciones medias en las cuencas de España, agravándose la situación en los territorios más sensibles y vulnerables.

En la actualidad en España, la planificación y posterior construcción de embalses nuevos no se prevé a medio plazo ya que los recursos superficiales hídricos están mayoritariamente consumidos.

Y con relación a recursos acuíferos subterráneos, en la gran mayoría de ocasiones, la capacidad necesaria de recursos y las inversiones económicas supera el aprovechamiento real que se puede obtener, es por ello por lo que no hay una planificación estatal para obtener recursos hídricos.

A partir de lo expuesto anteriormente, se entiende que no se prevé un aumento significativo de los recursos disponibles por medios convencionales. Por lo tanto, en las áreas con balances hídricos más frágiles, es crucial el uso de fuentes alternativas de recursos, como la reutilización de aguas residuales tratadas y la desalación de aguas salobres o marinas. Este enfoque de planificación hidrográfica, junto con una mayor conciencia social sobre la escasez de agua, una mayor implicación ciudadana en la reducción del consumo, el uso de nuevas tecnologías para minimizar las pérdidas en las redes de distribución y una mayor responsabilidad en la demanda de agua, constituyen las medidas actualmente disponibles para optimizar la gestión hídrica.

Por esta razón, además de la reutilización, la desalación emerge como una opción viable y favorable para asegurar los recursos hídricos. El impulso que ha recibido en España en los últimos años refleja esta realidad, especialmente en el litoral mediterráneo, donde ha permitido liberar recursos hídricos superficiales y subterráneos. Los recursos obtenidos mediante desalación se utilizan principalmente para satisfacer las demandas de abastecimiento y riego en agricultura, dos actividades que generan una presión muy significativa sobre los recursos hídricos.

Según datos facilitados y publicados por la Asociación Española de Desalación y Reutilización (de ahora en adelante, AEDYR), a fecha 2019 en España hay 765 plantas desaladoras (360 son desaladoras de agua de mar y 405 de agua salobre), siendo las principales las que se encuentran en la Cuenca Mediterránea.

Sin embargo, la capacidad de estas plantas varía significativamente, siendo solo 99 de ellas plantas desaladoras de gran capacidad. La clasificación que facilita la Fundación Aquae entre dimensiones de este tipo de instalaciones señala que se entiende como planta de gran capacidad aquella que puede producir entre 10.000 y 250.000 m³/día. De estas 99 plantas, 68 son de agua de mar y 31 de agua salobre.

Por otro lado, se consideran plantas de capacidad media aquellas que pueden producir entre 500 y 10.000 m³ de agua al día, en España hay un total de 450 plantas desaladoras de estas características. Y, por último, encontramos las plantas desaladoras de pequeña capacidad, siendo éstas aquellas cuya producción oscila entre 100 y 500 m³/día. En el territorio español hay un total de 216 plantas, utilizando 85 de ellas agua de mar y 131 agua salobre.



Ilustración 1. Mapas principales desaladoras de España (Fuente: Fundación Aquae)

Como mejor ejemplo de la realidad mencionada en el apartado anterior, se puede nombrar a Almería. Convertida en la “huerta de Europa” gracias al apoyo hídrico ofrecido por las desaladoras. Entre las que mencionamos, Del **Bajo Almanzora** con una producción anual de 15 hm³/año, desaladora de **Carboneras** con una producción de 42 hm³/año y **Campo de Dalías** con un total de 30,1 hm³/año.

Para concluir, se pone de manifiesto que la desalación se presenta como una solución efectiva, sostenible y rentable a largo plazo, que nos ofrece un abastecimiento de agua constante y modulable, en unas situaciones cada vez más sensibles al cambio climático.

2.2. Tecnologías aplicadas en el proceso de desalación

De manera general, el agua salobre es aquella que, aunque tiene menos sales que el agua de mar, sigue teniendo más que el agua potable, con un contenido de sales que varía entre 3 y 25 gramos por litro. En cambio, el agua de mar contiene entre 35 y 45 gramos de sal por litro, dependiendo de su origen, ya que la salinidad de los distintos océanos y mares es diferente. El agua potable de buena calidad, por su parte, se distingue por no tener patógenos y tener un contenido de sales inferior a 0,5 gramos por litro

En el proceso de desalación de agua salada, la etapa principal de la que dependerá el diseño es la que lleva a cabo los procesos de eliminación de impurezas y patógenos el agua salada.

En la decisión de que tipo de tecnología a implementar, este será el punto de partida. Otros aspectos a tener en cuenta serán la caracterización del agua de alimentación, el volumen de caudal a tratar, la demanda final de agua producto y la facilidad en la disponibilidad de energía.

Según bibliografías consultadas, una de las clasificaciones más comunes de estas tecnologías es aquella que diferencia según el elemento que es separado, es decir, se podrá separar el agua de sales, o en su lugar, las sales del agua. Bajo esta premisa se realiza la siguiente clasificación.

El conjunto de tecnologías que basa su funcionamiento en separar el agua de las sales tiene como base la evaporación. Dentro de este subgrupo, se pueden diferenciar: la destilación solar, la destilación súbita multietapa, la destilación con tubos sumergidos, la destilación multi-efecto con tubos horizontales o verticales y la compresión mecánica o térmica de vapor. Otro mecanismo de separación del agua de las sales es aquel que utiliza el frío como agente actuante, llevando a cabo un proceso de cristalización. Por último, si se utiliza la presión y las membranas como los componentes principales para llevar a cabo la separación, el proceso es el conocido como osmosis inversa.

Por el contrario, si son las sales las que se separaran del agua se diferencia, por un lado, aquellas tecnologías en las que se usa la energía denominada electrodiálisis, o si en su lugar, se usan membranas, se denominara ósmosis directa. También, se podrán usar procesos químicos de intercambio iónico o, por último, disoluciones y disolventes.

Las tecnologías que se desarrollaron primero son la destilación por tubos sumergidos y la destilación multi-efecto, pero ambas se encuentran en desuso por el desarrollo de tecnologías que superan sus valores de eficacia.

Como en otros sectores industriales, se están llevando a cabo estudios e investigaciones para desarrollar tecnologías más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, estas se conocen bajo el término “cleantech”.

Se profundiza en las siguientes tecnologías, por ser las principales, para ofrecer más detalles de su funcionamiento:

- **Desalinización por destilación**

La destilación es un proceso que implica la evaporación del agua para generar vapor libre de sales. Este vapor, que no contiene salinidad, se condensa posteriormente en el interior o exterior de los tubos de la instalación.

Los sistemas de desalinización suelen operar a presiones inferiores a la atmosférica para minimizar el consumo energético, lo que requiere un sistema de vacío y la extracción de aire y gases no condensables. Este método es eficaz, ya que la mayoría de las sustancias químicas presentes en el agua salada no son volátiles a las temperaturas utilizadas, permaneciendo así en la salmuera no evaporada.

Es particularmente común en el Medio Oriente, donde es adecuado para aguas con alta salinidad y temperatura. Sin embargo, su desventaja radica en que el consumo energético específico es considerablemente mayor que en otros métodos de desalinización, lo que lo hace viable solo en países con costos energéticos bajos.

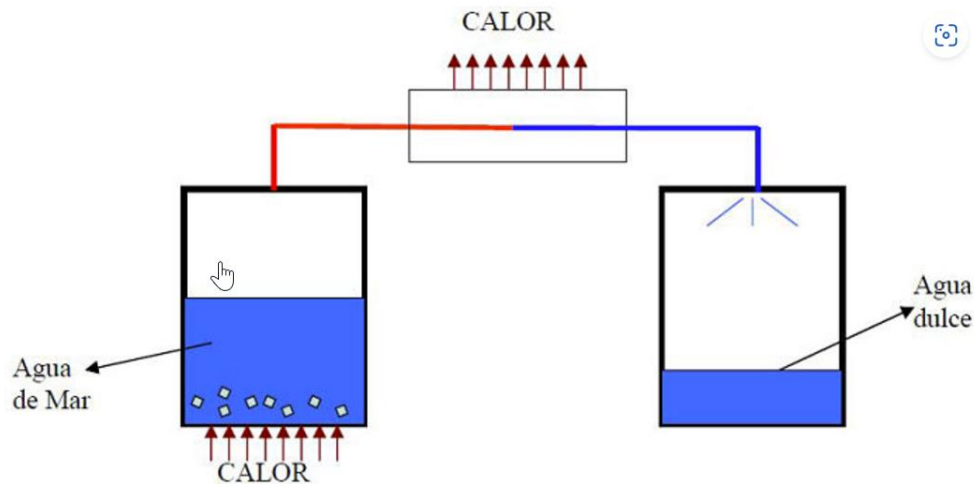


Ilustración 2. Desalinización por destilación (Fuente: Alternativas a los procesos de desalinización del agua de mar)

- **Proceso de evaporación súbita multietapa (MSF)**

El proceso de evaporación súbita multietapa, también conocido como “Multistage Flash” (MSF), es el método industrial más antiguo y todavía uno de los más utilizados en términos de capacidad de producción global.

Este proceso implica la ebullición del agua en un evaporador compuesto por múltiples cámaras que funcionan a temperaturas y presiones que disminuyen progresivamente, lo que permite la evaporación del agua en cada etapa y contribuye a la producción total.

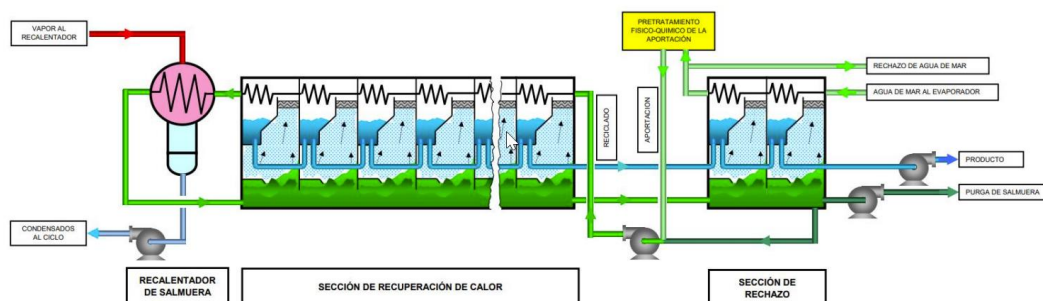


Ilustración 3. Proceso de evaporación súbita multietapa (MSF) (Fuente: ECOAGUA)

- **Evaporación por compresión térmica de vapor.**

Este método se basa en el principio de que, al comprimir un gas, en este caso el vapor de agua, su temperatura aumenta. Si este vapor se condensa a alta presión, el calor latente puede ser transferido de nuevo al líquido en ebullición del cual proviene.

Este proceso puede integrarse con otros métodos de evaporación, como el MSF. El calor utilizado para evaporar el agua se genera a partir de la compresión térmica o mecánica del vapor, lo que reduce la temperatura de ebullición mediante la disminución de presión.

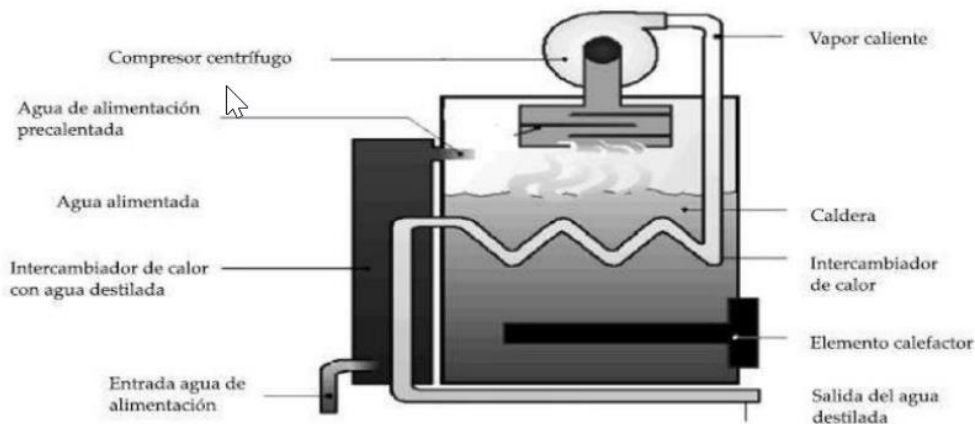


Ilustración 4. Evaporación por compresión térmica de vapor. (Fuente: Norland Int'l, 2004)

- **Destilación solar**

La destilación solar opera de manera similar a un gran invernadero. En el suelo, hay depósitos poco profundos que contienen agua, todos cubiertos por un techo transparente. Gracias al calor del sol, el agua se evapora y se condensa en la parte inferior del techo, goteando agua dulce en los canales de recolección. Este método es interesante para regiones desérticas, pero requiere grandes superficies.

Una desventaja es su baja producción de agua destilada por unidad de superficie, generando entre 1 y 4 litros de agua por metro cuadrado de superficie cubierta diariamente. Además, hay inevitables pérdidas de vapor y agua destilada, lo que requiere un mantenimiento constante para un funcionamiento óptimo.

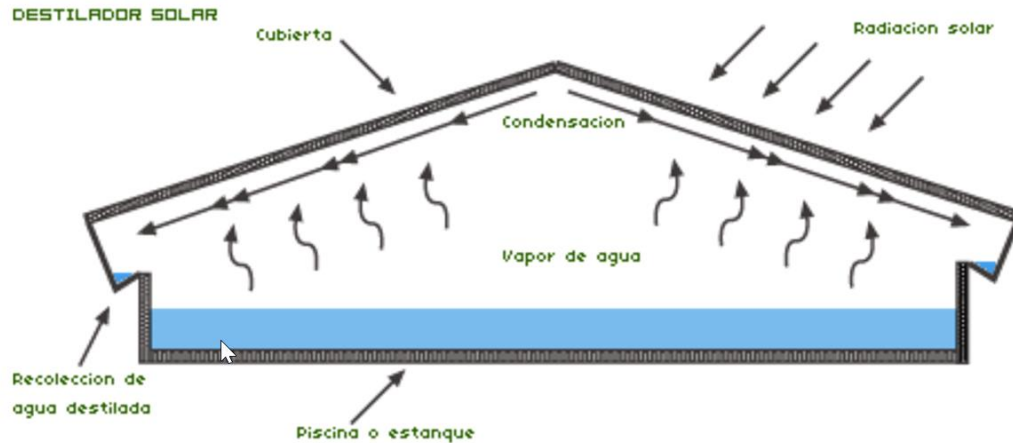


Ilustración 5. Destilación solar (Fuente: Desalación mediante energía solar térmica directa)

- **Método de electrodiálisis.**

La electrodiálisis ha sido aplicada en múltiples aplicaciones en instalaciones pequeñas y medianas. Este método implica la instalación alternada de membranas permeables a cationes y aniones entre dos electrodos, sumergidas en una solución salina. Al aplicar una corriente a través del sistema, los cationes y aniones se recolectan en compartimentos separados, resultando en zonas alternadas llenas de agua dulce y soluciones más concentradas.

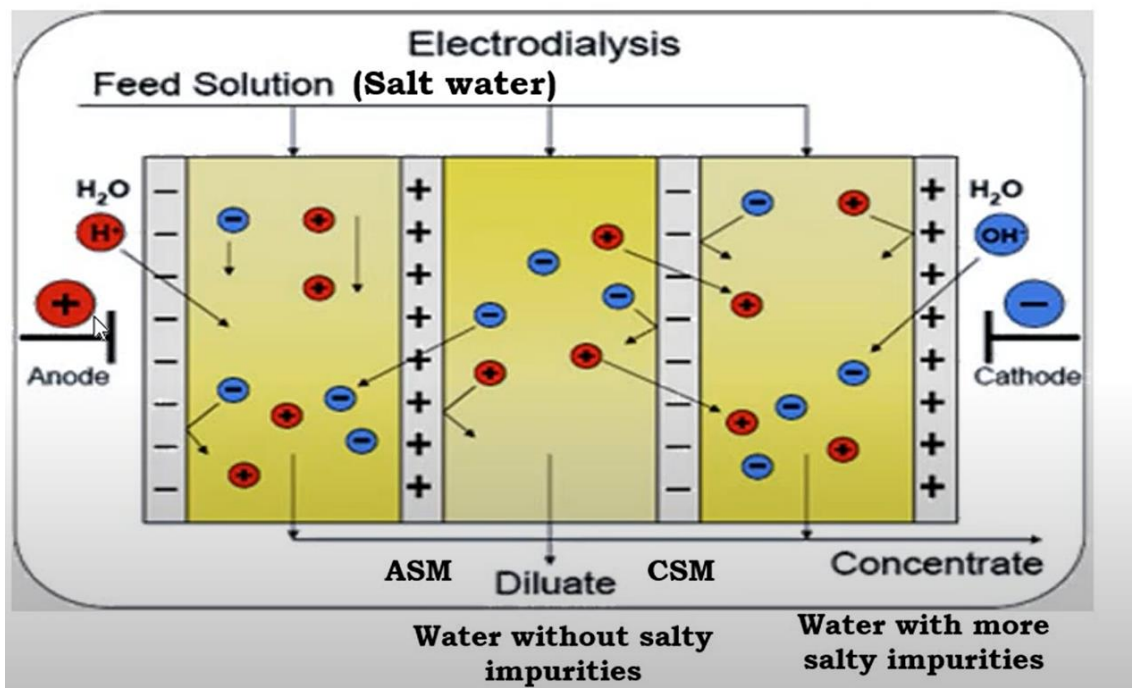


Ilustración 6. Método de electrodiálisis. (Fuente: Electrodialysis process used to purify salt water By Dr. A. G. Sajjan VPKBIET, Baramati)

- **Desalinización mediante fuentes de energías renovables**

Este sistema realiza la desalinización utilizando alguno de los métodos mencionados anteriormente, pero empleando energías renovables para su operación. Las fuentes de energía renovable más comunes en este contexto son la energía solar y eólica, o una combinación de ambas.

Si se opta por la energía solar, el sistema incluirá un conjunto de paneles fotovoltaicos que convierten la radiación solar en energía eléctrica, que se almacena en acumuladores.

En el caso de la energía eólica, se utilizarán aerogeneradores, con la energía eléctrica generada almacenada igualmente.

Finalmente, existe un sistema híbrido que combina ambas energías, donde la interconexión de los paneles fotovoltaicos y el aerogenerador se realiza mediante un enlace de corriente alterna, conectando los paneles a una red aislada mantenida por baterías. Esta red, junto con otro inversor, alimenta el aerogenerador, el cual satisface la demanda energética de la desalinizadora.

Las plantas de desalinización de este tipo ya sean alimentadas por energía solar, eólica o híbrida, son convencionales y se basan en cualquiera de los métodos previamente descritos.

2.3. Usos

La aplicación de tecnologías de osmosis inversas es cada vez más común en un gran número de industrias y procesos industriales. Este conjunto de técnicas se utilizan para, principalmente, llevar a cabo la desmineralización del agua, para obtener como resultado agua “producto” lista para ser consumida en diferentes usos. Se citan los siguientes:

- **Industria farmacéutica.**

En los procesos llevados a cabo en la industria farmacéutica, y en especial, en la creación de productos farmacéuticos de todo tipo, se necesita de agua muy pura libre de partículas en disolución, bacterias y restos orgánicos. Por otro lado, en esta industria, hay una potente regulación y normas para la correcta fabricación de medicamento, tanto para uno humano como veterinario, es por ello, que se usa la osmosis inversa en muchos casos para la obtención de agua pura con las características necesarias.

- **Industria sanitaria**

El agua de alta calidad es una de las entradas principales en las actividades que engloba la industria sanitaria. Entre las actividades que se llevan a cabo se pueden mencionar, las

técnicas de laboratorio, la instrumentalización, biotecnología, o, por ejemplo, las técnicas de aire acondicionado.

Por otro lado, para los procesos de esterilización y desinfección también se usa agua de estas características.

- **Industria química**

El agua es una de las materias primas fundamentales en este sector, en él tienen lugar distintas actividades de tipología como química básica hasta actividades petroquímicas.

- **Industria electrónica**

En este sector el agua se usa principalmente en las fases de lavado y aclarado en los procesos de producción. En este caso, se tienen unos requisitos muy estrictos y rigurosos sobre la calidad del agua. En consecuencia, se tienen unos protocolos normativos muy exigentes para la descarga de los flujos de agua utilizados en estos procesos industriales, donde es muy habitual recurrir a procesos de membranas.

- **Industria alimentaria y de bebidas**

En este caso, el agua es un componente esencial, tanto por su uso en los procesos productivos, o porque, en su lugar, sea usado como materia prima en los propios productos. Además, en los procesos de refrigeración, producción de valor y limpieza, el agua es clave.

- **Producción de energía eléctrica**

La osmosis inversa en ambientes industriales es fundamental para la producción de energía eléctrica. El vapor generado a partir de combustibles, o energía nuclear, hacen girar las turbinas que general electricidad. Las impurezas del vapor pueden causar problemas y reducir los rendimientos aumentando así la cantidad de combustibles necesarios.

- **Alimentación de calderas**

Es común que, en procesos de evaporación de agua para la acción de turbinas, se purifique el agua para optimizar el proceso de turbinado y no generar datos en la maquinaria.

- **Ganadería**

En este sector el agua tratada se utiliza principalmente para el ganado. El agua que beben los animales debe tener una serie de cualidades para así no provocar daños ni ser toxica para los mismos.

- **Agricultura**

Cierto es que para el riego no se precisa agua de altas calidades, es frecuente que se lleven a cabo tratamiento de estas aguas para optimizar las actividades y no utilizar agua de baja calidad con altas salinidades. La calidad del agua en producciones agrícolas especiales puede aumentar y potencia una mejor y mayor producción agrícola.

Por otro lado, con relación a que tecnología de desalinización es más adecuada según una serie de características, se puede describir que generalmente para caudales más pequeños los costes de inversión de la ósmosis inversa son inferiores a los procesos de evaporación. Sin embargo, estas diferencias se van ajustando hasta casi ser nulas en plantas de más de 10000 m³/día. Si la salinidad del agua bruta es media en ambos casos, los procesos son igualmente válidos, no obstante, a medida que la salinidad aumenta la presión osmótica experimenta un crecimiento paralelo, por lo cual la presión de trabajo de la ósmosis inversa debe aumentar con el consiguiente aumento del consumo energético. Si la salinidad del agua producto es un parámetro importante entonces habrá que tenerse en cuenta que una instalación de ósmosis inversa puede alcanzar una salinidad mayor que una con procesos de destilación.

Otro punto decisivo en la elección sobre la adopción de uno u otro tipo de proceso es el consumo energético. La ósmosis inversa es sin duda el proceso más económico, hablando en términos de energía, le sigue el proceso de destilación con compresión de vapor, pero éste tiene una limitación de escala, difícilmente puede superar los 2500 a 3000 m³ /día debido a las limitaciones de diseño del compresor. Los otros procesos, destilación flash y destilación multi-efecto tienen unos consumos energéticos considerablemente mayores que le hacen poco competitivos a no ser por su capacidad para grandes producciones.

2.4. Normativa

En este capítulo se mencionan las cuestiones normativas y jurídicas que puede plantear la actividad de la desalación en España. Entre todas, mencionamos las siguientes:

- El agua procedente del océano forma parte del dominio público, según se establece en el artículo número 132 de la Constitución Española, en el que se hace referencia expresa al mar territorial.
- Por otro lado, la actividad de la desalación, al igual que cualquier otra actividad industrial, está sometido a las correspondientes licencias y autorizaciones. En España, se cuenta actualmente, tanto con desaladoras públicas como privadas, si bien las primeras cuentan con una mayor importancia cuantitativa.
- Con relación al agua “producto” obtenida como resultado del proceso de desalación necesario detenerse a examinar su naturaleza y régimen jurídico y en que supuestos le son de aplicación las determinaciones de la Ley de Agua. Además, es de gran importancia determinar en qué supuestos el agua desalada es privada y en cuales publica, en qué medida esta se incorpora al demanio

hidráulico y cuál es el papel de esta incorporación, así como su incidencia sobre la planificación hidrológica.

- Otra de las cuestiones, ya mencionadas en el presente proyecto, es la implicación y trascendencia medioambiental del proceso de desalación, principalmente el efecto contaminante de la planta, que pueden ser, la emisión de gases de efecto invernadero o vertidos de salmueras, entre otros.
- Además, siempre se deben considerar las especificaciones estatales, autonómicas y locales en el estudio de normas y normativas, así como en la obtención de licencias.

Dentro de este apartado también se quiere hacer una mención, a alto nivel, al régimen jurídico de la actividad de desalación en España. En primer término, parece interesante examinar las normas que han regulado la actividad de la desalación, tanto el régimen vigente como el que lo ha estado hasta el 1999, se ha tomado este año como referencia por el apoyo bibliográfico de Jiménez Shaw, C. (2002). *Régimen jurídico de la desalación del agua marina*. Tirant lo Blanch.

La consideración de la desalación como un proceso industrial ya ha sido recogida previamente en legislación canaria sobre la materia. Es por ello, que se recalca, que, en este punto, solo se considera el proceso industrial de la desalación, esto es, la separación del cloruro sódico del agua, para hacerla aprovechable para su consumo.

Hechas estas aclaraciones, se mencionan tanto la regulación vigente hoy en día en España como sus antecedentes inmediatos.

- La normativa canaria
 - La ley canaria 10/87
 - La ley canaria 12/90 y su Reglamento
- La actividad de la desalación en el RD 1327/1995
 - La concesión de las desaladoras
 - La autorización a los destinatarios para desalar el agua
- La reforma de la Ley de Aguas. Liberalización de la desalación.
- Real Decreto 140/2003 -> Requisitos consumo de agua España

3. CAPÍTULO 3: OSMOSIS INVERSA

3.1. Desarrollo de la tecnología

Este apartado detalla la tecnología que fundamenta el presente proyecto académico, el cual incluirá un desarrollo teórico extenso.

La ósmosis inversa se basa en el fenómeno físico de la **ósmosis**, que permite el paso de fluidos a través de una membrana semipermeable. Este proceso es empleado, por ejemplo, por las plantas para el transporte de agua y nutrientes desde las raíces, así como en el organismo humano.

Los principios de la ósmosis inversa han sido conocidos durante muchos años. En 1953, Charles E. Reid sugirió la posibilidad de desalinizar agua mediante este proceso y estudió la permeabilidad de diversos tipos de **membranas** sintéticas. Posteriormente, en 1957, Reid y E. J. Breton descubrieron que las membranas de acetato de celulosa funcionaban adecuadamente como membranas semipermeables, aunque el flujo de agua resultante era insuficiente para aplicaciones prácticas.

Entre 1960 y 1962, S. Loeb y S. Sourivajan desarrollaron un método de preparación de membranas simétricas de acetato de celulosa, que consistían en una delgada y densa capa unida a una capa esponjosa más gruesa. Esto resultó en membranas simétricas que ofrecían un mayor flujo de agua y una mejor retención de sales.

Desde entonces, la ósmosis inversa ha emergido como una técnica efectiva para la desalinización, captando interés en diversas aplicaciones industriales. Durante la década de 1960, la investigación y el desarrollo de membranas y módulos de ósmosis inversa se intensificaron, y continuamente se introdujeron al mercado innovaciones en membranas y módulos de alto rendimiento.

Actualmente, el avance técnico en ósmosis inversa busca alcanzar la máxima eficiencia, la mejor selectividad en separación y ampliar su rango de aplicaciones. La investigación en este ámbito se clasifica en dos categorías: fundamental y aplicada. La categoría fundamental abarca el diseño de materiales, la formación y las propiedades de permeabilidad de las membranas, mientras que la aplicada se centra en la configuración de módulos de membranas, la ingeniería de procesos de ósmosis inversa y los desafíos en sus aplicaciones. El uso principal de la ósmosis inversa es para la desalinización y concentración de agua, así como para la recuperación de productos valiosos en procesos industriales.

La **ósmosis directa** es un fenómeno natural que ocurre cuando dos soluciones de diferentes concentraciones entran en contacto a través de una membrana semipermeable, lo que provoca un flujo natural de la solución menos concentrada hacia la más concentrada hasta igualar las concentraciones finales. La diferencia de presión generada entre ambas soluciones se denomina presión osmótica.

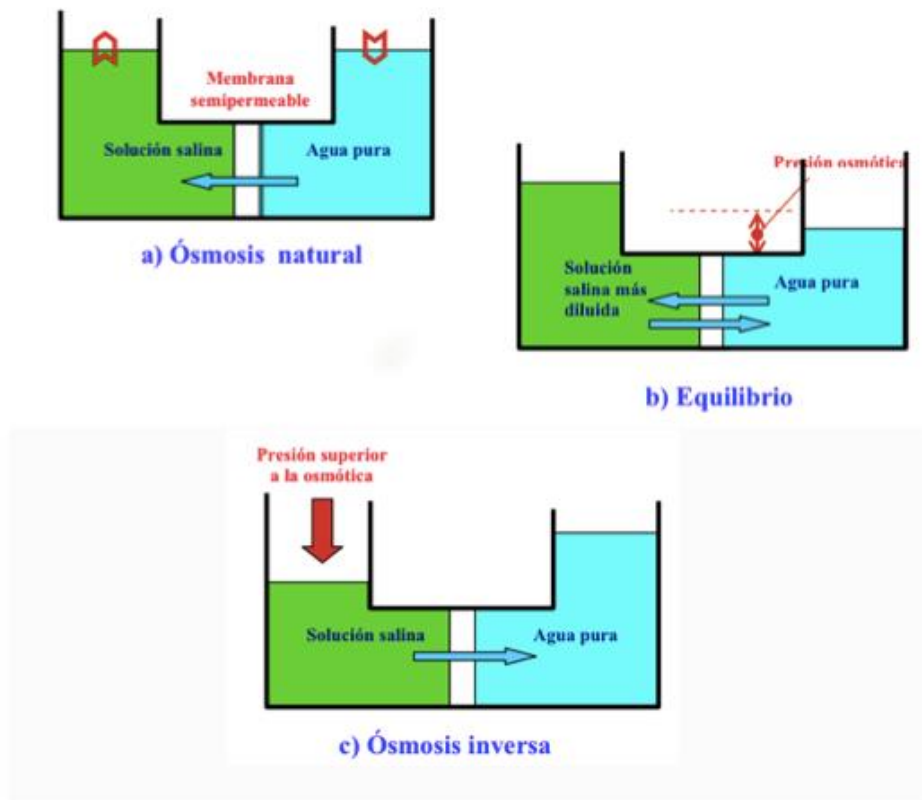


Ilustración 7. Desarrollo tecnología Ósmosis inversa

En el proceso de **ósmosis inversa**, se aplica una presión externa superior a la presión osmótica para revertir este proceso, permitiendo que la solución con mayor concentración de sales fluya hacia la solución con menor concentración. En la siguiente ilustración se muestra un esquema del funcionamiento de ósmosis:

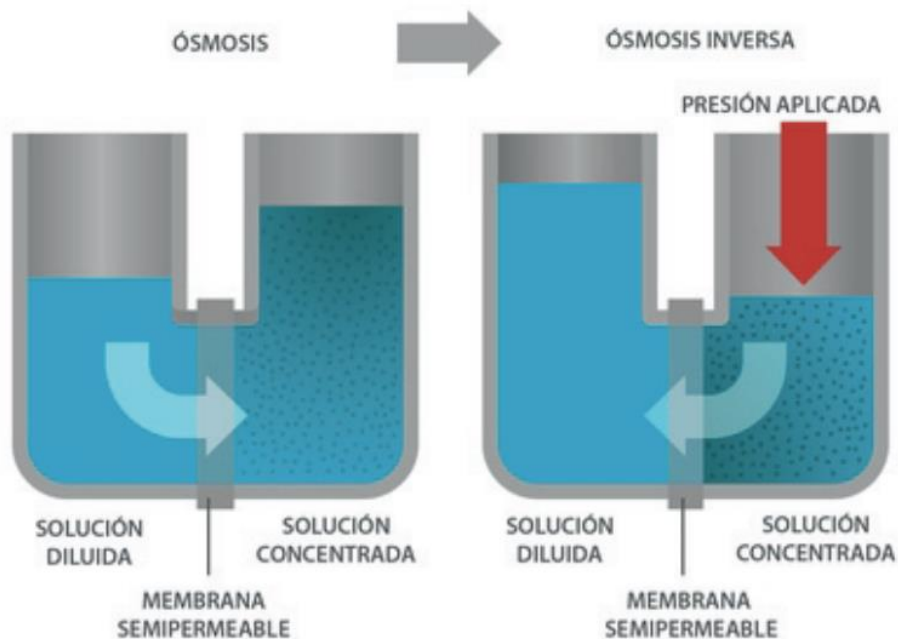


Ilustración 8. Procesos Osmosis

Este sistema es ideal para plantas desalinizadoras, ya que, aunque el agua resultante no es tan pura como la obtenida mediante destilación, sí cumple con los estándares normativos necesarios para el consumo.

Como se comentó previamente, esta tecnología de desalinización es una de las más comunes, pues requiere menos energía eléctrica en comparación con los procesos de destilación. Además, se adapta fácilmente a las demandas de agua de cada región y los costes de inversión son considerablemente menores que los de los métodos de destilación. Las ventajas y desventajas de este procedimiento se abordarán más adelante en este capítulo.

3.2. Fases

Las plantas de osmosis inversa cuentan principalmente cuatro áreas o etapas diferenciadas en el proceso. Estas son:

- Captación de agua
- Pretratamiento del agua
- Proceso de osmosis inversa

- Acondicionamiento final del agua

Todas estas etapas tendrán un grado mayor o menor de complejidad en función de las características del agua a tratar (salinidad, composición química, contaminación biológica y física), volumen del caudal a tratar y el destino final del agua producto. El siguiente esquema modelo muestra un ejemplo real de las fases que pueden componen todo el proceso de desalación en una planta:

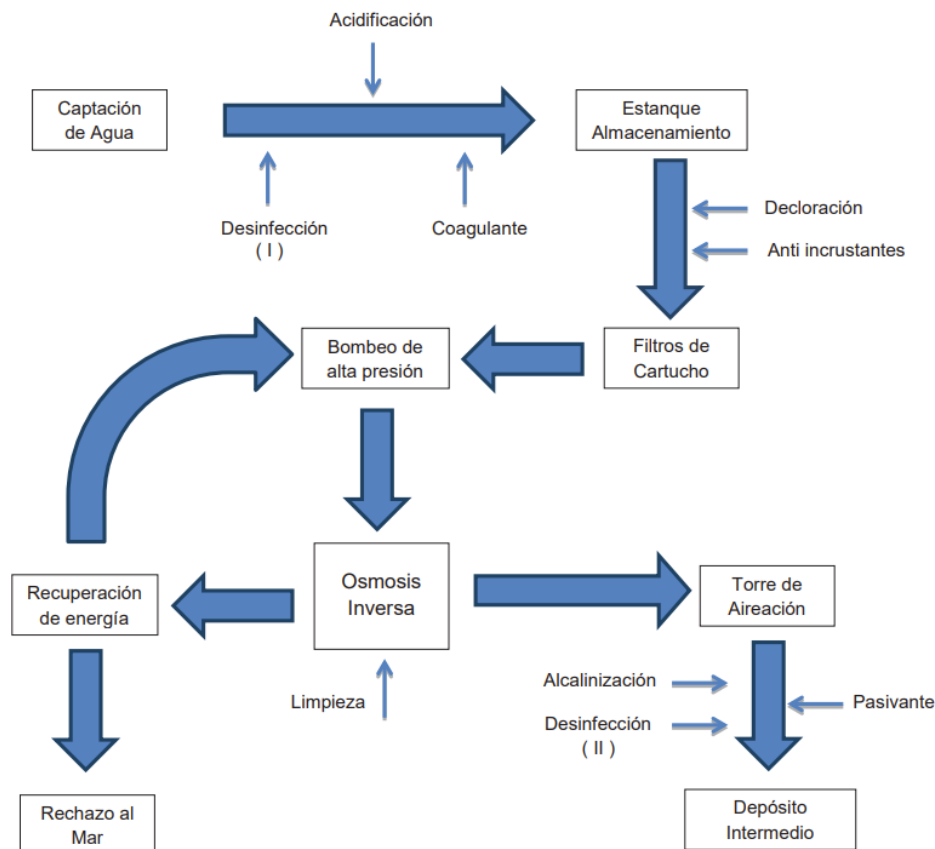


Ilustración 9. Fases modelo proceso Osmosis inversa

Una etapa adicional de todo el proceso de osmosis inversa dentro de la planta desalinizadora es la gestión de la salmuera o flujo de desecho, que se encontraría tras la etapa de *Rechazo al mar*. Lo más común y frecuente es que esta se devuelva al mar a través de un equipo de descarga de salmuera, este componente, al igual que el resto de los que conforman el proceso de osmosis inversa se detallan más adelante.

3.3. Ventajas e inconvenientes

Algunas ventajas que se pueden destacar de esta tecnología son:

- **Se trata de un proceso muy efectivo**

La efectividad de las plantas desaladoras para generar agua de buena calidad se ha demostrado que es realmente alta. Y de forma concreta, el método de osmosis inversa es el mejor aliado para la creación de agua potable.

- **El océano como entrada**

Contar como recurso de entrada de alimentación de nuestra tecnología con el agua del océano ofrece la seguridad de imposibilidad de que se encontrara limitado incluso si toda el agua potable que se consumiera en nuestro planeta proviniera de los océanos. Es por esto, que presenta una seguridad total en épocas de sequía.

- **La desalación como mejor aliado en crisis por necesidad de agua**

Tanto por la disponibilidad total del recurso del agua del océano y por su fácil acceso esta tecnología puede ser la solución para reducir la problemática de necesidad de agua en épocas de sequía.

- **No interfiere en los recursos actuales**

Con esto se quiere recalcar que esta tecnología no tiene implicación negativa en los recursos de agua dulce disponibles, siendo estos limitados y por eso se debe es prioritario su preservación al máximo.

- **El emplazamiento de las plantas es el correcto**

La locación de las plantas desalinizadoras no se hace de forma aleatoria. Se tienen en cuenta una serie de criterios como: lejanía de zonas residenciales, búsqueda de zonas industriales, entre otros.

Además, una única planta puede llegar a producir más de 500 millones de litros de agua potable apta para el consumo humano.

En cuanto a inconvenientes:

- **Coste del proceso**

La mayor parte del coste de una planta desaladora proviene del uso de combustibles fósiles que se requieren para la generación de electricidad necesaria. Actualmente, el precio medio de la energía utilizada para la generación de un metro cubico, según IDE Technologies Group es de 3,5 – 3,7 € el kwh/m3 incluyendo en estos valores la toma de agua y todos los consumos de la planta).

- **Costes de construcción altos**

Los costes asociados a la construcción de la estructura necesaria para llevar a cabo la actividad, en muchas ocasiones, son motivo de negativa en muchos países. En algunas ocasiones, es el motivo de parada de proyectos en torno a esta tecnología es la gran inversión inicial necesaria para su puesta en marcha.

- **Grandes costes en energía**

Puede considerarse la principal desventaja de esta tecnología. Las altas necesidades energéticas del proceso es motivo de rechazo para aquellos que no apoyan su actividad. La osmosis, como se ha explicado anteriormente, es un proceso natural y es por ello, que llevar a cabo su inversión requiere de grandes cantidades de energía.

- **La problemática ecológica de la salmuera**

La salmuera es un producto de desecho que aparece como salida en el proceso de desalinización, con la problemática asociada de su alto valor contaminante.

Es un líquido con una concentración muy elevada de sales cuyo vertido en flores y fauna puede llevar a provocar su deterioro e incluso muerte. Es por este motivo que debe ser tratado correctamente.

También podemos mencionar otros agentes contaminantes utilizados durante el proceso de desalinización para actividades químicas o de limpieza, como el cloro o antiincrustantes.

- **Gases de efecto invernadero**

Como consecuencia de la utilización de combustibles fósiles en el proceso de generación de energía para llevar a cabo el proceso se producen gases de efecto invernadero. Estos pueden producir una mala calidad del aire respirado.

4. CAPITULO 4: INSTALACIÓN

4.1. Análisis y caracterización del agua y la demanda

Según datos del Instituto Nacional de Estadística (en adelante, INE), en el año 2022, el consumo medio de agua en los hogares en Andalucía fue de 140 litros por habitante y día. En concreto, en la comarca de La Axarquía es ligeramente superior, 150 litros.

Por otro lado, según datos ofrecidos por el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, en 2023, la población de La Axarquía asciende a un total de 229.368 habitantes. La población objetivo que puede beneficiarse de esta propuesta ronda los 112.000 habitantes.

Por lo tanto, el propósito es alcanzar una producción de 16.500 m³ al día de agua desalada, para ello se va a diseñar una planta desalinizadora de agua con régimen continuo, ya que las membranas que se van a utilizar necesitan estar constantemente húmedas.

La planta desalinizadora se va a diseñar con el objetivo de producir 16. 500 m³, sin embargo, nada impedirá disminuir la producción en función de las necesidades de agua producto.

El dato de la producción de agua requerida se ha calculado teniendo en cuenta el consumo medio de agua por persona y día, y la población total de la zona alcance:

$$Q_{consumo} = 0.15 \text{ m}^3/\text{día por habitante} \cdot 112.000 \text{ habitantes} = 16.800 \text{ m}^3/\text{día}$$

Además, la comarca de La Axarquía basa gran parte de su economía en el sector agrícola, se debe tener en cuenta que parte de la producción de agua se va a utilizar en dicho sector. En la totalidad de estas producciones en la provincia de Málaga, según datos de “Caracterización agraria del territorio de la Oficina Comarcal Agraria “Axarquía- Costa de Málaga”, provincia de Málaga. Septiembre 2014”, La Axarquía representa un total de 9,4% de la superficie total de las explotaciones agrarias de la provincia de Málaga.

Por otro lado, tomando como referencia datos el “Diagnóstico sobre las necesidades de agua en Andalucía y propuesta de actuaciones informe ejecutivo. Enero 2021” elaborado por CESUR (Empresarios del Sur de España) el consumo de recursos de agua en la provincia de Málaga representa un 50,76 % del total anual que asciende a 476.305 dam³/año.

Realizando los cálculos para realizar una estimación:

$$50,76\% \text{ de } \frac{476.305 \text{ dam}^3}{\text{año}} = 241.772,42 \frac{\text{dam}^3}{\text{año}} \text{ necesarios en la provincia de Málaga para actividades agrarias.}$$

9,7% de $\frac{241.772,42 \text{ dam}^3}{\text{año}} = 234.51,93 \frac{\text{dam}^3}{\text{año}}$ necesarios en La Axarquía para actividades agrarias.

Con el objetivo de calcular el total estimado de la producción:

$$234.51,93 \frac{\text{dam}^3}{\text{año}} = 6.424 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Se estima que las necesidades de agua en dichas infraestructuras serán de $6.424 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$, así que la producción objetivo será:

$$Q_{\text{total}} = 16.800 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} + 6.424 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 23.224 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Considerando que la totalidad de la demanda de consumo doméstico y agrícola pudieran satisfacerse con la planta se concluye que se deberá poder alcanzar una producción de unos $25.000 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$.

De forma paralela, para poder realizar el diseño total de la instalación se necesitan conocer los diferentes caudales con los que se trabajan en una planta desaladora. Para sus cálculos, se realiza un balance de materia en la unidad de osmosis inversa teniendo como dato inicial el caudal de agua producto deseado y la conversión de la unidad de osmosis inversa, que en nuestro caso se marca en 45%.

La instalación contara con dos líneas independientes de producción, pero se muestra el balance de masas para una de ellas:

$$Q_A = Q_P + Q_S$$

$$Q_A = Q_P / \eta$$

Siendo:

Q_A = Caudal de alimentación

Q_P = Caudal producto

Q_S = Caudal de salmuera

η = Conversión

Tendremos:

$$Q_P = 12.500 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$Q_A = \frac{Q_P}{\eta} = \frac{12.500}{0,45} = 27.777,78 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$Q_S = Q_A - Q_P = 15.277,78 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

En conclusión, para poder obtener un caudal producto en una línea de producción igual a 12.500 metros cúbicos al día, se necesitará aportar a la unidad de osmosis inversa unos 28.000 metros cúbicos diarios aproximadamente.

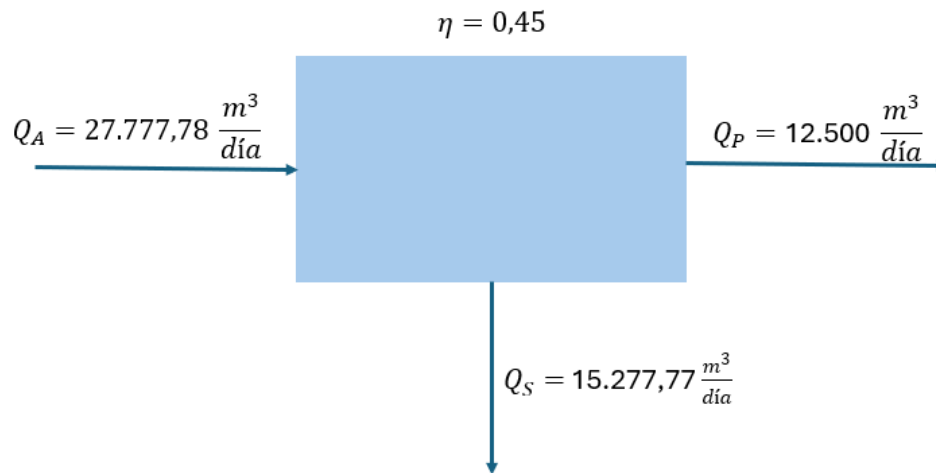


Ilustración 10. Balance de materia

Por otro lado, en cuanto a la caracterización del agua, el análisis de esta tiene como objetivo conocer la calidad del agua a tratar, desde su composición química hasta el grado de contaminación.

Por la ubicación de la planta se toman como valores de referencia los datos obtenidos en la realización del proyecto de mejora en la desaladora de agua de mar del Campo de Dalías (García Arancón, Jesús Lopez Fuentes, Susana y Palomino Castejón, Oscar. *Descripción del proyecto y mejoras de la desaladora de agua de mar del Campo de Dalías*. ACUAMED y Veolia Water Systems Ibérica, S.L.) llevado a cabo en el extremo Suroccidental de la provincia de Almería, en el término municipal de El Ejido.

Parámetro	Teóricos	Reales
Sólidos Totales en Suspensión	20,0	18,7 mg/l
Sólidos Totales Disueltos (TDS)	39.728 mg/l	39.750 mg/l
Boro	5 mg/l	5 mg/l
Temperatura mínima de operación	18°C	14°C
Temperatura máxima de operación	26°C	23°C
pH	7,7	8,2

Ilustración 11. Calidad del agua de aporte de la desaladora

Los parámetros usados para definir la calidad del agua son: los sólidos en suspensión, sólidos totales disueltos (TD), boro y pH. Según los valores de estos parámetros, se diseñarán una serie de pretratamientos del agua.

Por otro lado, se requerirán de parámetros iónicos del agua de alimentación para el dimensionamiento de las características de los equipos. En la siguiente tabla se adjunta el detalle de los principales parámetros iónicos a considerar en el estudio de la caracterización del agua de mar publicado y facilitado por Instituto Tecnológico Canario (en adelante, ITC).

iones	mg/l
Calcio	468,00
Magnesio	1444,00
Sodio	11941,00
Potasio	445,00
Amonio	0,00
Bario	0,02
Estroncio	8,60
Bicarbonatos	158,00
Sulfatos	3024,00
Cloruros	21475,00
Fluoruros	1,20
Nitratos	0,70
Boro	5,00

Tabla 1. Composición iónica de agua de mar

El estudio de temperaturas se utilizará para saber el intervalo de temperaturas en el que se encuentra el agua a tratar. Se estudia la variación de esta, analizando los valores máximos y mínimos, ya que el diseño de las etapas dependerá de estas variaciones.

4.2. Componentes

En este apartado se pretende realizar una introducción a aquellos componentes más relevantes en todo el proceso de desalación mediante la tecnología de osmosis inversa.

Los componentes que aquí se listan son aquellos tienen mayor importancia dentro del proceso y, además, necesitan una mayor atención debido a que su coste y mantenimiento también es mayor al resto de equipos auxiliares de la instalación.

4.2.1. Membranas

La mayoría de las membranas que se utilizan en los procesos de osmosis inversas son similares. Tienen una estructura básicamente porosa con una delgada y densa película

(la verdadera membrana de ósmosis) que descansa sobre un soporte que le da consistencia mecánica para aguantar las grandes presiones a las que se ven sometidas.

Los sistemas de membranas se diseñan según las propiedades del agua a tratar, como su calidad inicial y el uso que se le dará después. Según American Water Works Association (en adelante, AWWA) en función de la energía necesaria y la calidad del agua, estos procesos se pueden clasificar en dos categorías principales de membranas:

- **Membranas para eliminar sólidos disueltos:**
 - Ósmosis Inversa (OI)
 - Nanofiltración (NF)
- **Membranas para eliminar sólidos suspendidos:**
 - Microfiltración (MF)
 - Ultrafiltración (UF)

Desde un punto de vista químico, principalmente se diferencian dos tipos de membranas, aunque esto no significa que sean las únicas ya que existen de multitud de otros compuestos:

- Membranas de acetato de celulosa. Este tipo de membrana fue de los primeros que se desarrollaron y con el tiempo han dado paso a una nueva generación de compuestos.
La estructura de una membrana de acetato aparentemente consiste en una fina matriz porosa localizada entre dos densas superficies no porosas.
- Membranas de poliamida aromática. Debido a los avances significativos en los métodos de fabricación y la tecnología de los materiales en los últimos años, ahora es posible producir membranas con poros y permeabilidad controlados. Esto facilita la separación de sustancias orgánicas e inorgánicas con tamaños entre 1 y 10 nanómetros y con pesos moleculares muy similares. Además, ofrecen una mayor resistencia química y permiten trabajar con temperaturas de hasta 110 °C

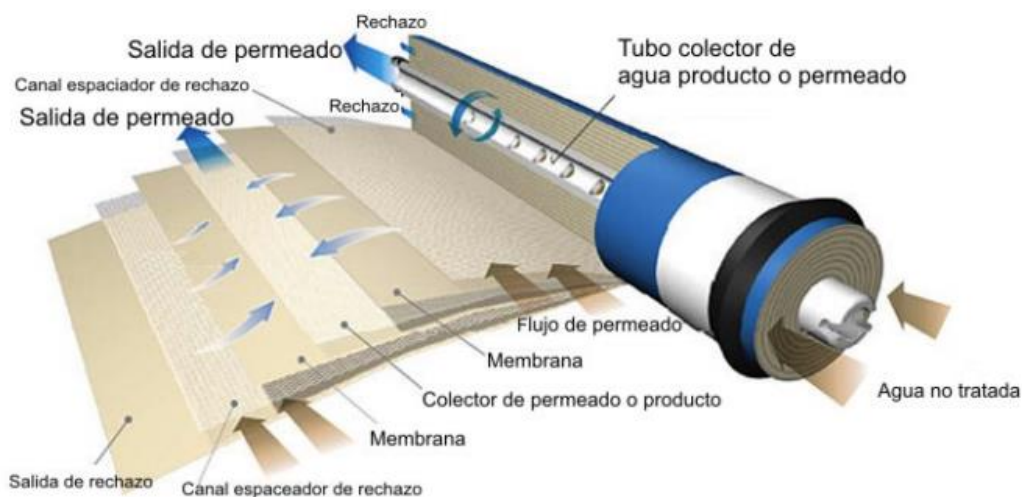


Ilustración 12. Membranas de poliamida aromática

De manera similar, dentro de los procesos destinados a la separación de sólidos disueltos, en los que se incluye la ósmosis inversa, existen varios tipos de membranas, las cuales pueden clasificarse en una amplia variedad de categorías.

Parámetro	Tipos
Estructura	Simétricas Asimétricas
Naturaleza	Compuesta de capa fina Integrales
Forma	Tubulares Planas Fibra hueca Arrollamiento en espiral
Carga superficial	Neutras Aniónicas Catiónicas
Morfología	Lisas Rugosas
Presión de trabajo	Muy baja presión Baja presión Media presión Alta presión

Tabla 2. Categorías membranas

En la siguiente imagen se puede ver el proceso que se ocurre en las membranas usadas en los procesos de ósmosis inversa:

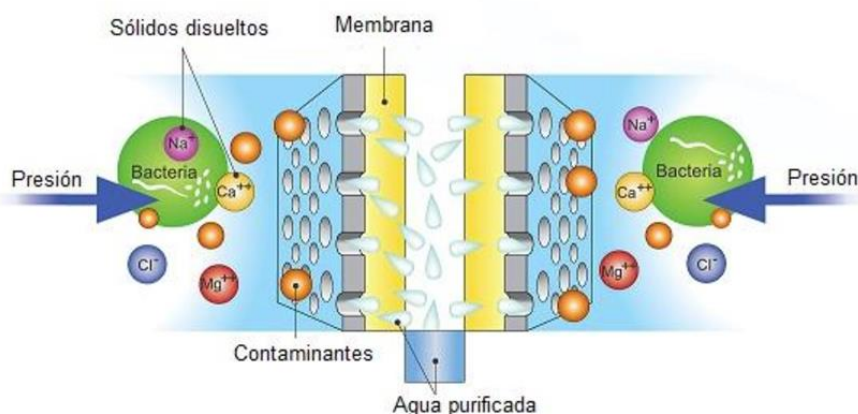


Ilustración 13. Función de las membranas (Fuente: SYPYSA)

De cara a la elaboración del diseño y elección de las membranas para la planta desaladora en proyecto se ha utilizado el software “**IMSDesign**” facilitado por el fabricante Hydranautics.

Para su ejecución, el programa, en primera instancia solicita los datos de propiedades químicas y físicas del agua de mar que entrará en la planta como caudal de alimentación. Los datos usados son los descritos en el apartado 4.1 Análisis y caracterización del agua y la demanda.

Cationes			Aniones		
	mg/l	mg/l CaCO_3		mg/l	mg/l CaCO_3
Calcio	468,00	1170,00	HCO_3	158,00	129,51
Mg	1444,00	5918,03	SO_4	3024,00	3150,00
Na	11941,00	25958,70	Cl	21475,00	30289,14
K	445,00	569,08	F	1,20	3,16
NH_4	0,00	0,00	NO_3	0,70	0,56
Ba	0,020	0,01	PO_4	0,00	0,00
Sr	8,600	9,82	SiO_2	0,00	
			B	1,00	
Total, meq/l		672,51	Total, meq/l		671,46

Ilustración 14. Datos análisis agua de mar

El resto de los datos necesarios para ejecutar el programa serán: pH, Temperatura, Caudal producto, conversión (%) y Tipo de agua.
En la siguiente imagen se puede ver el resultado de las membranas propuestas por el software:

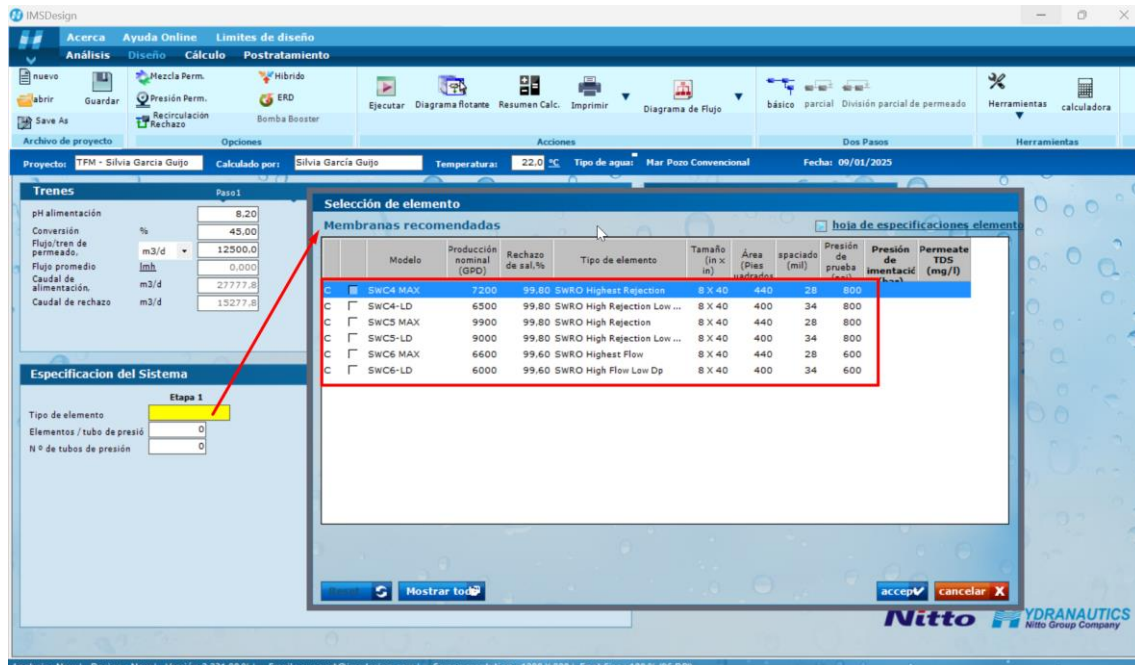


Ilustración 15. Membranas recomendadas

Al seleccionar la membrana, el sistema nos muestra la especificación de los tubos de presión necesarios:

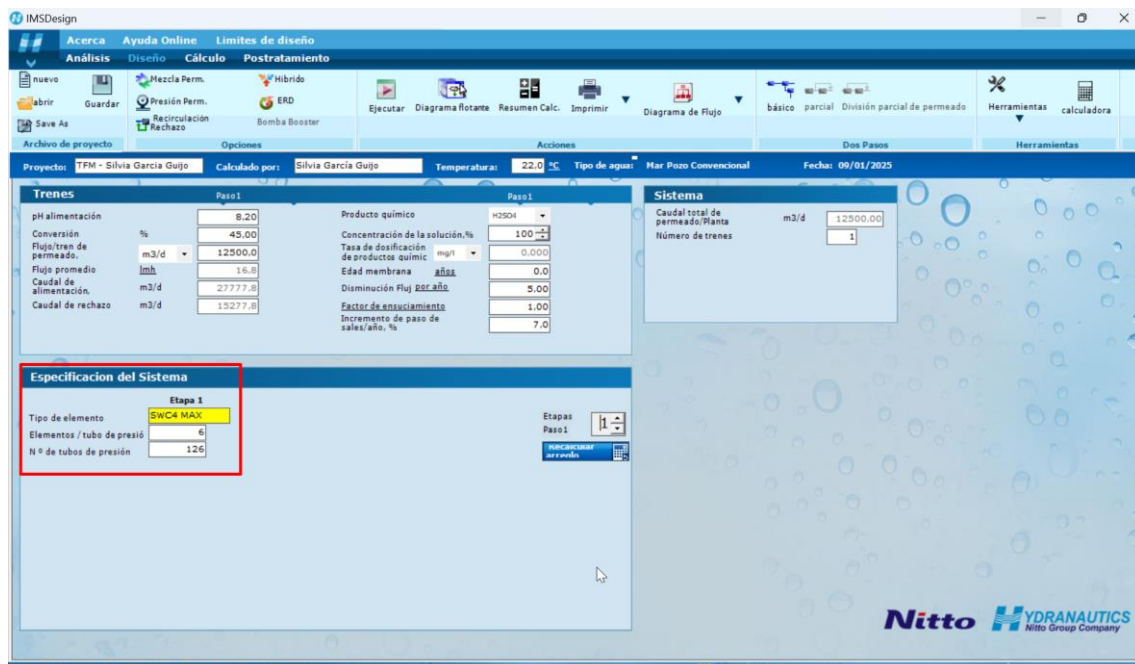


Ilustración 16. Especificación del sistema

Para finalizar, se necesita conocer el número de membranas a instalar para poder hacer el dimensionamiento de la planta. Para ello, se aplicará la siguiente formula propuesta por la bibliografía consultada:

$$N = \frac{Q_p}{J * A}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} N &= \text{Número de membranas} \\ Q_p &= \text{Caudal agua producto} \\ J &= \text{Flujo específico} \\ A &= \text{Área nominal de la membrana} \end{aligned}$$

El flujo específico es un parámetro característico de la membrana que puede determinarse como el volumen de agua producto (desalada) producida por unidad de superficie de la membrana y unidad de tiempo. Su ecuación es la siguiente:

$$J_{MAX} = \frac{Q_n}{A} \left(\frac{m^3}{m^2 día} \right)$$

Siendo, en este caso, facilitado por el fabricante:

$$\begin{aligned} Q_n &= 27,3 \frac{m^3}{día} \\ A &= 40,9 m^2 \end{aligned}$$

$$J_{MAX} = 0,669 \left(\frac{m^3}{m^2 día} \right)$$

Por lo tanto, el número de membranas será:

$$N = \frac{12500 \frac{m^3}{día}}{0,669 \left(\frac{m^3}{m^2 día} \right) * 40,8 m^2} = 457,95 \approx 458 \text{ membranas}$$

Y de forma paralela, según resultados y detalles técnicos del fabricante, se deberá instalar por cada tubo de presión, 6 membranas:

$$N_{tubos} = \left(\frac{\text{Número membranas}}{\text{Membranas por tubo}} \right) = \frac{458}{6} = 76,33 \approx 77 \text{ tubos}$$

4.2.2. Módulos de ósmosis inversa

Las membranas se colocan en una unidad de operación llamada módulo, que es la estructura física que contiene la membrana. Los factores clave a considerar en su selección son la facilidad de montaje, la compactibilidad y la capacidad de modulación.

En la práctica hay cuatro configuraciones de módulos:

- **Módulos de estructura plana**

Este tipo de módulos es una estructura laminar compuestas de membranas con espacios alternos para los flujos de alimentación y permeado, parecido a una estructura de filtros a presión.

Las ventajas de este módulo son que es simple y compacto, resistente contra altas presiones y la sustitución de membranas es sencilla, además el descenso de presión es relativamente bajo y puede usarse un flujo de alta velocidad lineal (1 a 5 m/s).

- **Fibra hueca.**

Cada módulo de este tipo está constituido por haces de fibra huecas. Estos haces dependen del diámetro del módulo y pueden ir desde unas 650.000 a 2.300.000 de fibras.

El área de superficie efectiva de la membrana por unidad de volumen de módulos es dependiente de la relación entre diámetros exterior e interior de la fibra y es más grande comparada con los otros tipos de módulos.

El agua de alimentación entra en el módulo a través de un tubo distribuidor situado en el centro de la unidad y que se extiende a lo largo de toda ella, el agua se mueve circularmente a partir de dicho tubo a través del haz de fibras hacia la carcasa exterior del módulo. La presión fuerza el paso del agua pura a través de las paredes de las fibras huecas hasta el canal interior de cada una de ellas, el agua producto va saliendo por los extremos abiertos de las fibras convirtiéndose en la corriente de agua producto que sale del módulo por un orificio colocado al final de éste. Las sales y otros contaminantes se mantienen disueltos en la salmuera o flujo de rechazo en el exterior de las fibras que fluyen hacia el exterior por un orificio colocado en el módulo en el extremo opuesto al anterior.

- **Espiral**

Cada módulo de este tipo consta de varias membranas que van conectadas entre sí y alojadas en un recipiente a presión.

El agua de alimentación entra en el recipiente y fluye a través de los canales entre los arrollamientos en espiral de la primera membrana, parte del agua de alimentación se filtra a través de dicha membrana y llega hasta el tubo de recogida de agua producto, situado en el centro de esta. El resto sigue a través de las capas espirales a todo lo largo del recipiente, encontrándose con la membrana próxima y repitiéndose el proceso. El agua de alimentación se vuelve más concentrada de una membrana a otra a medida que progresa en el interior del recipiente y sale del módulo como agua de rechazo o salmuera.

Las ventajas de este tipo de módulos son las siguientes: la concentración polarizada es baja, la proporción de flujo sobre la superficie de la membrana está impuesta a un valor normal (5 a 10cm/s), la disminución de presión es baja (0,7 a 0,015 kg/cm²), la disminución de presión efectiva es muy baja comparada con las de los otros módulos.

- **Tubulares.**

En un módulo tubular la membrana está empotrada en el interior o exterior de un soporte de tubo cilíndrico poroso. Hay dos tipos de módulos, los tipos presurizados internos y los externos, muchos módulos tubulares son introducidos en un recipiente a presión y conectados a otros en paralelo o serie. Un acelerador turbulento es usado en algunos módulos para mejorar el funcionamiento.

Las ventajas de este tipo de módulos incluyen sus conveniencias para limpiar con una sola esponja y sus utilidades para el tratamiento de agua de diseño que contiene un alto nivel de sólidos suspendidos.

Por otra parte, el área de membrana por unidad de volumen en un módulo tubular es pequeño comparado con el de otros módulos.

Por último, la capacidad de producción de una membrana es reducida, para alcanzar elevados caudales se agrupan en un número determinado, a estas agrupaciones como unidad de producción independiente es lo que se denomina p.

Considerando la conversión del sistema el conjunto de módulos de un bastidor se dispone:

- En una sola etapa donde los módulos operan en paralelo.

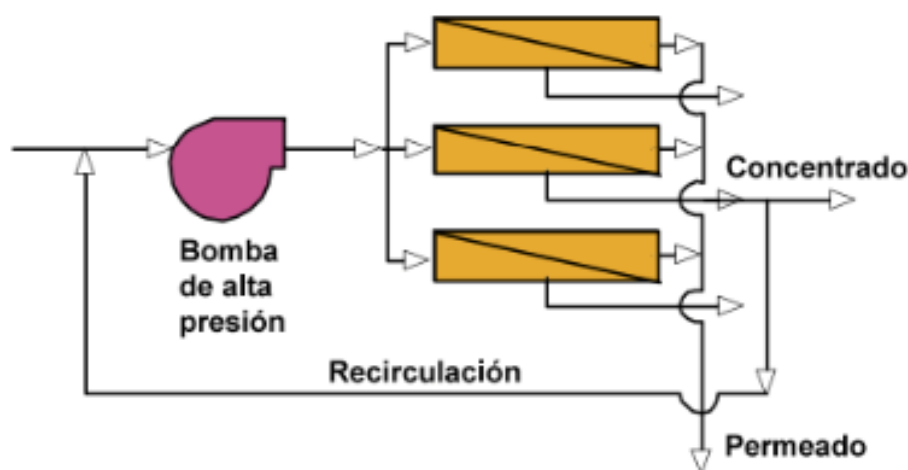


Ilustración 17. Configuración en paralelo de una etapa

- En dos etapas donde los flujos de rechazo de la primera etapa alimentan a los de la segunda y el rechazo de ésta se conduce a la turbina de recuperación.

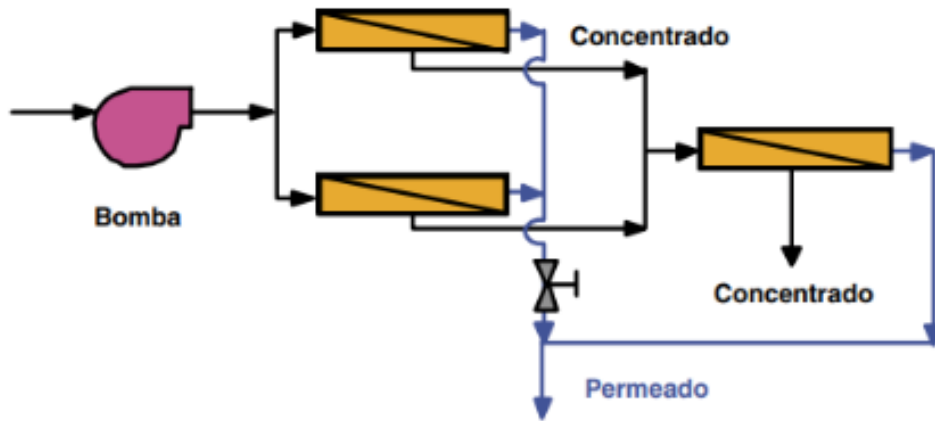


Ilustración 18. Configuración de doble etapa

4.2.3. Bombeo de alta presión

El bombeo de alta presión consiste en generar la presión necesaria para forzar al agua dulce a pasar por la membrana, por lo que se trata de un punto clave en toda la instalación. Aquí se utiliza la energía eléctrica para impulsar las bombas a presiones elevadas.

El número de bombas necesarias está directamente relacionado con la cantidad de bastidores de la planta, siguiendo la regla conocida como " $n + 1$ ". Esto significa que por cada bastidor se requiere una bomba de alta presión adicional, es decir, una bomba extra como reserva.

Las bombas utilizadas en esta parte del proceso son bombas centrífugas de cámara partida, como se muestra en la imagen. Este tipo de bombas son muy resistentes a la abrasión y a la corrosión, ya que su cuerpo está fabricado en hierro fundido. El líquido que llega a las bombas suele contener sal y productos químicos utilizados en el tratamiento del agua.

Además, estas bombas se emplean por su amplio rango de funcionamiento, lo cual es crucial en este proceso, ya que los caudales suelen variar con frecuencia y se necesita una bomba capaz de adaptarse a esos cambios sin inconvenientes.



Ilustración 19. Bombas centrífugas de cámara partida

La ósmosis inversa es un proceso en el que la parte más costosa pertenece al bombeo de alta presión, sin embargo, a lo largo de los años se ha avanzado en el estudio de los sistemas de recuperación de energía a partir de la alta presión de la corriente de rechazo de la ósmosis inversa.

El sistema de recuperación de energía seleccionado aprovecha la alta presión del agua de rechazo o salmuera para recircularla al agua de entrada en las membranas, disminuyendo así la cantidad de energía que la bomba de alta presión debe suministrar.

4.2.4. Tanque de agua producto

Este tanque servirá para el almacenamiento del agua ya tratada, hacia su posterior bombea hacia el sistema de abastecimiento público. El tanque debe disponer de un filtro de aire de partículas de alta eficiencia (HEPA), con el objetivo de evitar que las partículas presentes en el aire contaminen el agua de su interior.

Se instalará un tanque, y su volumen se calculará como un 10% de la producción diaria total de la planta. Este porcentaje es el usado en el cálculo en la mayoría de las bibliografías consultadas sobre diseño de instalaciones desaladoras:

$$V = Q_p * 0,10$$

Donde:

V : Volumen del tanque en m^3
 Q_p : Caudal del agua producto $m^3/día$

Sustituyendo:

$$V = 25000 \text{ m}^3/\text{día} * 0,10 = 2500 \text{ m}^3$$

El proveedor encargado de facilitar este depósito, al igual que el resto de los depósitos necesarios para el comportamiento correcto de la instalación, será “Cectank”. En los anexos de este proyecto se encuentra el detalle de las fichas técnicas de cada uno de los tanques.

4.2.5. Sistema de retroceso

Este proceso se pondrá en funcionamiento cuando el sistema de ósmosis inversa se pare, cuando esto ocurre el proceso de ósmosis natural se pone de manifiesto, es decir, el agua producto de las membranas fluye hacia el lado del concentrado ya que la presión es menor que la osmótica.

Este sistema evita la deshidratación de la membrana, para ello se dispone un depósito de retroceso que tenga suficiente agua producto. Dicho depósito estará elevado por encima de los módulos para asegurar su flujo por gravedad en caso de parada de la planta.

4.2.6. Equipos de descarga de salmuera

La disolución de la salmuera cuando es vertida al mar depende de distintos factores que pueden ser controlados, por lo que una mejor disolución está relacionada con el desarrollo y diseño del sistema de descarga al mar, ya que de este va a depender del comportamiento del flujo de vertido.

En primer lugar, es fundamental seleccionar correctamente la localización del sistema de vertido. Esta decisión dependerá de la propia ubicación de la planta desaladora, de todas formas, se debe buscar la mejor solución para su construcción teniendo en cuenta características de la zona, presencia de flora o fauna y en especial, aquellas protegidas.

Es por ello, que es primordial que el sistema de vertido se ubique lo más alejado posible de zonas protegidas o sensibles a altos niveles de salinidad. Por este motivo, se deben considerar todos los parámetros que influyen en la trayectoria del vertido. Un ejemplo, que es favorable en los vertidos de salmuera, es ubicarlo en zonas de alto oleaje ya que este provoca una mayor dilución de la salmuera cuando vuelva al entorno marino.

Tipos de sistema de descarga de salmuera (AEDyR, 2019):

- **Vertido directo superficial**

En este tipo de solución la salmuera es vertida directamente al mar desde la superficie, es decir, no se utiliza ninguna forma de impulso inicial. En este caso, la concentración de salmuera tendera a hundirse rápidamente hacia el fondo marino.

Desde una perspectiva económica y constructiva, ofrece ciertas ventajas. Sin embargo, en términos ambientales, aunque su impacto durante la fase de construcción es considerablemente menor (ya que no requiere excavaciones ni la instalación de tuberías sobre el lecho marino), durante la operación de la planta podría generar un mayor impacto. Esto se debe a que la dilución del efluente es limitada, lo que convierte al sistema en poco adecuado en situaciones donde las características del medio receptor no favorezcan dicha dispersión.

- **Emisario submarino**

Este sistema se basa en la instalación de un emisario submarino para realizar el vertido de la salmuera. Su principal ventaja es que favorece una mayor dilución del efluente, aunque el diseño del emisario juega un papel clave para alcanzar una dispersión óptima.

Por ejemplo, la dilución mejora cuando el emisario tiene una inclinación vertical hacia la superficie. Dado que la salmuera es más densa que el agua marina, el efluente sigue un movimiento parabólico inicial que facilita su dilución rápida.

Los emisarios suelen tener varios tramos con diseños adaptados a las condiciones locales y a su ubicación. En algunos casos, estos tramos están enterrados, mientras que en otros se colocan lastrados sobre el fondo marino.

El sistema de descarga puede utilizar un solo chorro o un tramo difusor con múltiples boquillas. Además, se pueden emplear eductores para optimizar la dilución.

Los diseños más avanzados incorporan tramos difusores de chorros sumergidos e inclinados, que se separan lo suficiente para evitar que los chorros se impacten entre sí antes de llegar al fondo marino. Desde el punto de vista técnico y económico, este sistema es más costoso. A nivel ambiental, aunque la fase de construcción tiene un mayor impacto debido a la necesidad de excavar el lecho marino y colocar tuberías, durante la operación del sistema se reduce significativamente el impacto sobre el medio marino.

- **Dilución previa**

Para mejorar la dilución de la salmuera, muchas plantas desaladoras han incorporado sistemas que permiten mezclar el concentrado con agua marina antes de enviarlo al emisario. En estos sistemas, la salmuera se retiene en un depósito o balsa donde se mezcla con agua tomada directamente del mar.

De esta manera, la concentración salina de la salmuera disminuye, lo que favorece una mayor dilución y reduce el impacto ambiental sobre el medio receptor.

Sin embargo, esta técnica requiere un sistema de bombeo para trasladar el agua marina al área de dilución, lo que implica un mayor consumo energético para la planta.

- **Vertido conjunto con otras aguas**

En algunos casos, la ubicación de la planta desaladora permite realizar el vertido de la salmuera junto con otras aguas.

Uno de los vertidos conjuntos más comunes es el que se realiza con aguas residuales urbanas procedentes de plantas depuradoras, o con aguas de refrigeración de centrales térmicas.

Aunque al mezclar la salmuera con aguas menos salinas se reduce su concentración de sal, esta combinación puede alterar otras propiedades del efluente, como su temperatura, que tiende a aumentar. Por lo tanto, es importante realizar un análisis detallado del tipo de agua que formará el vertido final, para poder diseñar el sistema de descarga de manera óptima, teniendo en cuenta las características específicas del efluente resultante.

4.3. Mantenimiento

El mantenimiento industrial constituye un pilar esencial para el adecuado funcionamiento de las instalaciones industriales. Este proceso actúa como un indicador de la cantidad y calidad de producción de una planta. Se puede considerar como una inversión que contribuye a mejorar la calidad de la producción y, por ende, el resultado final del producto.

En este proyecto, no se ha llevado a cabo ninguna estimación económica de los costes de mantenimiento, dado que su extensión y complejidad podrían requerir un proyecto adicional. La valoración económica del mantenimiento puede cambiar según el presupuesto asignado. No obstante, en esta sección se busca detallar los equipos más críticos y sensibles que deberán recibir la mayor parte de los recursos planificados para el mantenimiento.

4.3.1. Instrumentación

Para asegurar el correcto funcionamiento de la planta, se instalarán diversos instrumentos que medirán, transferirán y controlarán todas las variables del proceso productivo, con el fin de optimizar los recursos utilizados y prevenir posibles accidentes.

Los instrumentos que se emplearán son:

- **Transmisor e indicador de presión.**

Mide la presión en un punto y convierte la señal de presión en una señal eléctrica de 4-20 mA, que se envía a la sala de control. También permite visualizar la presión en el campo, además de desde la sala de control.

- **Transmisor e indicador de presión diferencial.**

Mide la presión en dos puntos y transmite la diferencia de presión entre ellos como una señal eléctrica de 4-20 mA. Este dispositivo se instala en equipos donde es necesario realizar limpieza o sustitución al alcanzar una pérdida de presión específica.

- **Transmisor de nivel.**

Indica el nivel exacto de líquido en un depósito, transformando la señal de medida en una señal eléctrica de 4-20 mA, que se envía a la sala de control.

- **Sensor de nivel.**

Es utilizado también para controlar el nivel de líquido en los depósitos. De forma general, se instalan dos sensores por depósito: uno para el nivel máximo y otro para el mínimo. Ambos sensores cuentan con una alarma que se activa si el nivel de líquido alcanza cualquiera de los límites, alertando a la sala de control.

- **Transmisor e indicador de caudal.**

Mide el caudal en un punto y convierte la señal a una señal eléctrica de 4-20 mA, que se envía a la sala de control.

- **Transmisor e indicador de temperatura.**

Este instrumento mide la temperatura en un punto y convierte la señal en una señal eléctrica de 4-20 mA, que también se envía a la sala de control.

- **Transmisor e indicador de conductividad.**

Mide la concentración de sales disueltas en el agua y convierte la señal de medición en una señal eléctrica de 4-20 mA, que se envía a la sala de control. También permite la visualización en campo, siendo un instrumento sencillo y altamente preciso que no requiere calibración.

- **Transmisor e indicador de pH.**

Mide el pH de una solución y convierte la señal de medición en una señal eléctrica de 4-20 mA, que se envía a la sala de control.

Además, permite su visualización en campo y cuenta con un diafragma de PTFE para evitar obstrucciones y prolongar su vida útil.

- **Medidor de potencial redox.**

Se utiliza para medir el potencial de oxidación o reducción de una solución, determinando la diferencia de potencial entre un electrodo de referencia y un electrodo de medición.

4.3.2. Sistema de limpieza

Con el tiempo, los módulos de ósmosis inversa pueden obstruirse, lo que disminuye el caudal que producen. Estas obstrucciones pueden ser causadas por materiales coloidales o pequeñas precipitaciones.

Para gestionar estos atascos y recuperar parte de las propiedades de los módulos, se procederá a limpiarlos de manera periódica. La frecuencia de limpieza dependerá de la naturaleza del agua. Se prepararán reactivos en un recipiente, según las sustancias que causan la obstrucción, y se impulsarán mediante bombas en un circuito cerrado durante varias horas.

4.3.3. Limpieza de membranas

Las membranas utilizadas son delicadas, por lo que es crucial actuar con rapidez en caso de ensuciamiento para recuperarlas.

Se llevará a cabo una limpieza al detectar cambios significativos en las sales disueltas del permeado, así como en la producción, el caudal de rechazo, la pérdida de carga o la presión de alimentación.

Debido a que el agua ha sido pretratada con varios tratamientos físicos y químicos, esta limpieza no será frecuente.

Sin embargo, se activará anualmente un proceso de limpieza que consistirá en un lavado similar al sistema de ultrafiltración inversa. Es importante resaltar que hay un filtro de cartuchos en la salida del tanque para evitar que partículas mayores a 5 μm dañen las membranas.

4.3.4. Mantenimiento de bombas de alta presión

Actualmente, el mantenimiento de las bombas de alta presión se basa en una inspección visual diaria para asegurarse de que todo funcione adecuadamente y no haya ruidos anómalos. Cada vez que se pone en marcha una bomba tras un periodo de inactividad, se registran varios parámetros en tablas. Se anotan la temperatura de los rodamientos, medida con un pirómetro (tanto en el lado del acoplamiento como en el opuesto), la temperatura ambiente y las vibraciones de la bomba, registradas en los dos rodamientos y en los apoyos de la bancada mediante un medidor de vibraciones. Se consideran vibraciones elevadas aquellas que superan los 2 mm.

Además, cada dos meses se recogen otras mediciones, como la potencia de operación de la bomba, el porcentaje del variador (que, al conocer las RPM máximas de la bomba, permite calcular las RPM actuales), la intensidad de funcionamiento y la presión de salida. Con estos datos, se determina si es necesario cambiar el aceite, lo cual se realiza cada 3.600 horas de operación o anualmente.

Por último, cada dos años se repinta el exterior de las bombas con una pintura especial, aplicando dos capas de epoxi reticulado con poliamida para prevenir la corrosión.

4.3.5. Control y monitorización de la calidad del agua

Es esencial controlar la calidad del agua antes y después del proceso de ósmosis inversa para asegurar una operación adecuada del sistema y hacer los ajustes necesarios. Esto implica la evaluación regular de parámetros como la salinidad, el pH y la presencia de contaminantes específicos.

La supervisión continua permite identificar cualquier cambio en la calidad del agua que pueda indicar problemas en el sistema, como obstrucciones en las membranas o fallas en componentes mecánicos. Detectar estos problemas a tiempo facilita la implementación de medidas correctivas antes de que afecten la producción.

El uso de equipos de monitoreo automatizados proporciona datos en tiempo real sobre la calidad del agua, permitiendo ajustes inmediatos para mantener la eficiencia del sistema.

Mantener un registro detallado de los resultados del monitoreo y las acciones correctivas es una buena práctica, ya que estos registros ayudan a identificar patrones, prever problemas y mejorar la fiabilidad y eficiencia del sistema de ósmosis inversa

5.CAPITULO 5: ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

5.1. Localización y dimensionamiento

La Axarquía es una de las nueve comarcas de la provincia de Málaga. Desde el punto de vista geográfico, se encuentra en la zona más oriental de la provincia, tanto por la costa como el interior. Su capital y ciudad más importante es Vélez-Málaga y cuenta con un total de 31 municipios.

Actualmente el abastecimiento de agua de la zona se realiza a través del embalse de La Viñuela.



Ilustración 20. Zona La Axarquía, provincia de Málaga



Ilustración 21. Vista aérea de la costa de La Axarquía

Según datos del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, en 2023, la población de La Axarquía asciende a un total de 229.368 habitantes.

La elección de la ubicación nace de una necesidad real y urgente debido a fuertes sequías que sufre la región. Además, esta zona de Málaga está dedicada en gran medida a la agricultura, es por eso, que hace aún más relevante la ubicación de una planta de estas características.

Situación de sequía pluviométrica por comarcas agrarias.

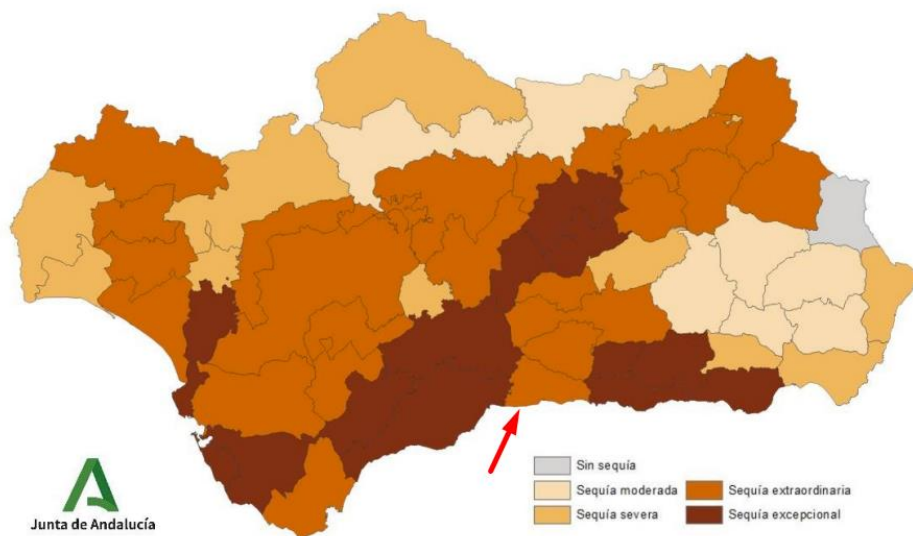


Ilustración 22. Situación de sequía pluviométrica por comarcas agrarias. Diciembre 2023 (Fuente: Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul - Junta de Andalucía)

Para ubicar la planta se selecciona el siguiente emplazamiento en la zona:

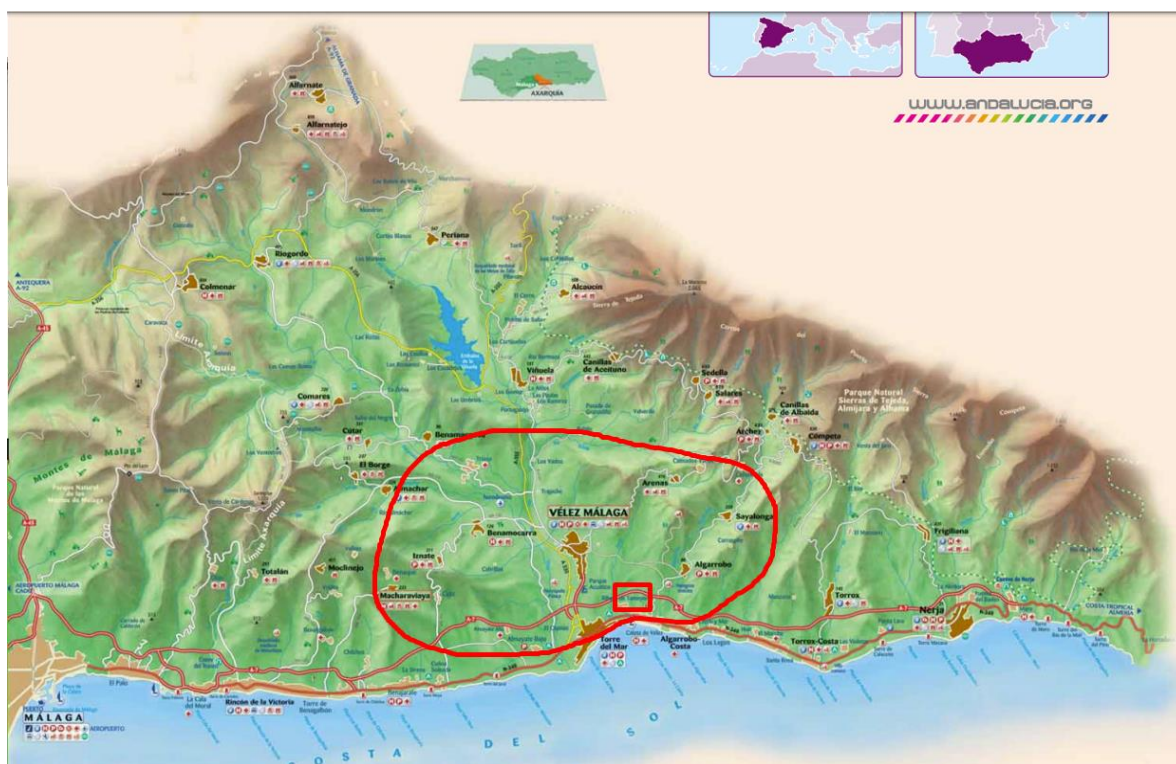


Ilustración 23. Emplazamiento

Municipio	Población total
Vélez-Málaga	86.364
Algarrobo	6.780
Benamocarra	3.082
Almáchar	1.846
Algarrobo	6.780
Sayalonga	1.626
Benamargosa	1.551
Arenas	1.306
Moclinejo	1.227
Iznate	921
Macharaviaya	524

Tabla 3. Población por municipios

En la imagen se puede localizar la ubicación de la planta, el área aproximada de la planta es de 3.870 metros cuadrados, sin contar con el área de la caseta de bombeo anexa al edificio principal, que es igual a 375 metros cuadrados. Los planos de cada una de estas dos superficies pueden ser encontrados en el presente proyecto en el "Anexo 5: Plano general planta desaladora"

5.2. Infraestructura

En este apartado se pretende detallar la infraestructura y equipamientos necesarios para la implementación e instalación de una planta desaladora. En la siguiente imagen se puede ver, a modo de modelo o ejemplo, una planta desaladora en funcionamiento en la actualidad:



Ilustración 24. Desaladora de agua de mar del Campo de Dalías, Almería

De forma esquemática, en el siguiente grafico se han incluido cada uno de los bloques fundamentales de procesos que tendrán lugar en la planta desaladora:

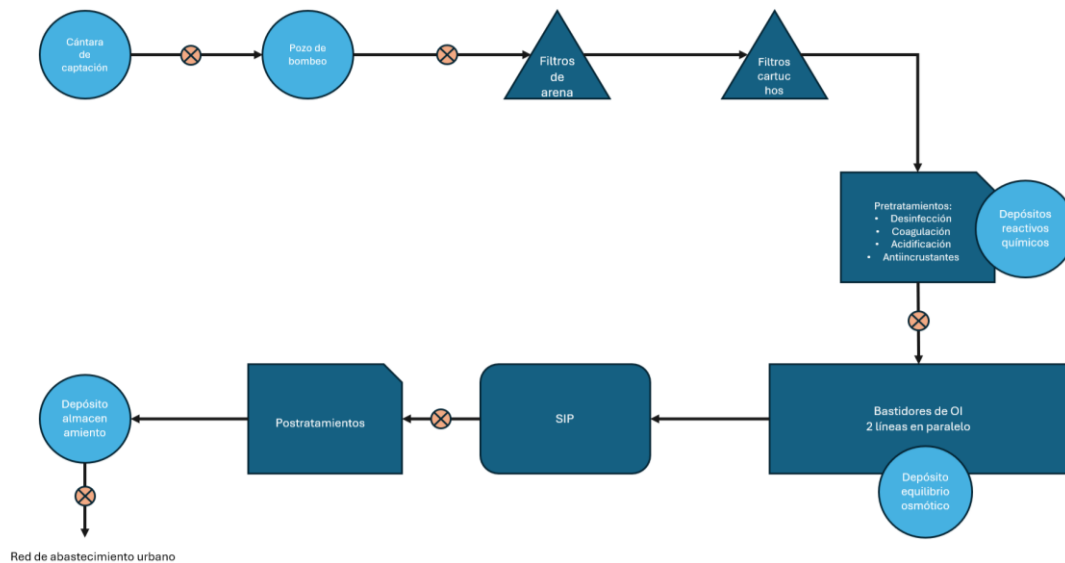


Ilustración 25. Esquema procesos planta-proyecto

5.2.1. Obra de toma de agua

Una de las etapas cruciales en una planta de desalinización es la captación del agua de alimentación. Al elegir el punto de captación, es fundamental considerar como de disponible estará el agua de alimentación como la calidad de esta en la zona, ya que esto afecta la complejidad de los procesos de pretratamiento necesarios y la durabilidad de las membranas.

Se pueden distinguir dos tipos de sistemas de captación:

- Captación superficial del mar
- Captación desde pozo

En este contexto, se ha optado por implementar un sistema de captación mediante un acceso abierto al mar, asegurando así el suministro de agua a la planta. A continuación, se detallan los tres principales componentes que conforman este tipo de captación:

- **Torre de captación**

La torre de captación es una estructura sumergida diseñada para recolectar agua marina. En la zona superior tiene varias aberturas que evitan la entrada de arena. Estas aberturas cuentan con rejillas de plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV), que funcionan como filtros para prevenir la entrada de peces y otros sólidos. El agua fluye hacia la torre de

manera horizontal, lo que minimiza la succión de organismos. La conexión con el inmisario submarino se realiza a una altura que supera el lecho marino, impidiendo que los sedimentos que podrían ingresar a la torre sean arrastrados por la tubería. La torre tiene una altura de 5 metros y se sitúa a 1500 metros de la costa, sumergida a aproximadamente 12 metros de profundidad. A esta profundidad, la reducción de la luz solar limita el crecimiento de organismos y microorganismos que podrían interferir con el proceso de ósmosis inversa-

- **Inmisario submarino**

El inmisario submarino se encarga de transportar el agua desde la torre de captación hasta la cántara de captación. Está compuesto por una tubería de 1,4 metros de diámetro, hecha de polietileno de alta densidad (PEAD). Se asegura al lecho marino mediante lastres de hormigón armado, lo que proporciona estabilidad frente a las fuerzas del oleaje y las corrientes.

- **Cántara de captación**

La cántara de captación, en nuestra instalación, la compondrá un depósito ubicado en la superficie de la costa, donde el agua de la torre de captación llega a través del inmisario submarino. Tiene una capacidad de almacenamiento de hasta 50.000 m³ y está construido en acero recubierto de aluminio cuyos datos técnicos han sido facilitados por el proveedor de depósitos y tanques “Cectank”. Desde esta cántara, el agua se dirige al pozo de bombeo, que es otro depósito situado en la entrada de la planta.

La tubería por el que circula el flujo hasta el pozo de bombeo tiene un diámetro de 1,1 metros y su material de fabricación es polietileno de alta densidad.

Para elevar el agua hacia el pozo de bombeo, se utilizan tres bombas centrífugas sumergibles dispuestas en paralelo, en una configuración de 2+1R, de las cuales una actúa como reserva. Cada bomba está equipada con un motor y, en su entrada, incluye un filtro que previene problemas relacionados con sólidos en suspensión. La salida de las bombas está equipada con una válvula de bola para regular el caudal, así como una válvula antirretorno en serie para reducir los golpes de ariete en la línea de impulsión.

5.2.2. Edificio de procesos

5.2.2.1. Pretratamiento del agua

Debido a que las soluciones salinas no siempre cumplen con las condiciones adecuadas para llevar a cabo el proceso de osmosis inversa esta debe tener un pretratamiento que será más o menos complejo.

El objeto principal del pretratamiento será prolongar la vida útil de las membranas. La degradación o inactivación de las membranas tiene un variado origen:

- Acumulación y reproducción de microorganismos
- Precipitaciones localizadas de sales poco solubles

La deposición de partículas o sólidos sobre la superficie de la membrana va a crear un gradiente de concentración lo largo de la superficie, que va a provocar un aumento de salinidad del agua resultado y una disminución de la productividad de la membrana.

Un pretratamiento completo trata de incidir en tres puntos principales:

- Contaminación biológica
- Sólidos coloidales y partículas gruesas
- Precipitación química por efecto de concentración

De forma general, el pretratamiento se va a desarrollar en varias etapas, siempre dependiendo del tipo de captación de agua y la producción de la planta. En nuestra planta se darán las siguientes fases:

- **Filtración a través de arenas**

Este proceso de filtración es de obligado cumplimiento en los pretratamientos de agua salado y por lo general, se suele aplicar un filtrado por filtros de área. Los sólidos en suspensión procedentes del agua del mar son retenidos durante el paso a través de los filtros. Además, se tendrá planificado según una serie de parámetros, el lavado a contracorriente de estos filtros.

El número de filtros que se plantea instalar por cada una de las dos líneas de producción será 3+1 de reserva, en caso de actividades de lavado, mantenimiento o por averías, según el caudal a filtrar, el volumen de filtración y la superficie filtrante.

- **Filtración a través de cartuchos**

Esta filtración se plantea como un segundo paso de “seguridad”. En ella, las partículas presentes en el agua de alimentación con un tamaño superior a 5 micras son filtradas impidiendo así su paso a la unidad de osmosis inversa.

Los filtros de cartuchos se deberán sustituir cuando se alcance la pérdida fijada por el fabricante.

Se deciden instalar 4+1 de reserva filtros de cartuchos por cada una de las líneas de producción según recomendación de fabricante Harmsco Europe SRL. Los filtros seleccionados tienen una máxima presión de trabajo igual a 8,5 bar. El número de cartuchos se define en función del caudal de alimentación de cada una de las líneas, que es igual a 520 m³/h y el caudal del filtro, que es dato del fabricante.

- **Desinfección.**

La desinfección tiene como función principal la eliminación de materia orgánica y/o biológica y que esta provoque un atascamiento en las membranas de osmosis inversa. De forma general, se dosifica hipoclorito sódico (NaOCl) al agua de alimentación.

- **Coagulación.**

En esta etapa se tiene como objetivo la desaparición de coloides sobre lechos filtrantes y la reducción del SDI. El SDI es un parámetro que no indica el valor de suciedad que tiene el agua de alimentación.

- **Acidificación.**

Se realiza mediante la aplicación de dosis de ácido sulfúrico. Tiene doble finalidad, por un lado, permitir la acción bactericida del cloro y por otro, facilitar la acción del coagulante.

- **Antiincrustante**

La aplicación de un antiincrustante en la etapa de pretratamientos químicos tiene como función evitar las deposiciones de sales incrustantes en las membranas de los bastidores de osmosis inversa. De esta forma se pretende evitar la reducción del rendimiento en las unidades de osmosis.

5.2.2.2. Osmosis inversa

El proceso de ósmosis inversa consiste en forzar el paso de un flujo de agua a alta presión a través de una membrana semipermeable, de manera que se obtienen dos corrientes: una libre de sales y otra rica en ellas. La corriente de entrada se denomina "alimentación", la corriente de salida, libre de sales, es el "permeado o producto", y la corriente con mayor concentración de sales es el "rechazo o salmuera".

Este proceso se logra aumentando la presión del agua de entrada para que las sales pasen de la corriente menos salina a la más salina, en lugar de hacerlo espontáneamente en la dirección contraria. La conversión alcanzada con este proceso es del 45% para cada una de las dos líneas de producción. En total se dispondrá de 2 bombas de alta presión, una por cada bastidor de osmosis inversa, siendo estas bombas centrífugas horizontales.

El proceso puede ser encadenado, es decir, la corriente de rechazo se puede utilizar como aporte en una segunda etapa, lo que se conoce como ósmosis inversa de dos pasos, y así sucesivamente. Para esta planta, se ha optado por un diseño de ósmosis inversa de un solo paso. Sin embargo, antes de devolver el agua de rechazo al mar, se instalará un sistema de recuperación de energía para aprovechar la presión de esta corriente y evitar desperdiciar energía.

El sistema de recuperación que se implementará es un SIP (Sistema de Intercambio de Presión), que aprovechará la presión del agua de rechazo a través de una cámara isobárica para impulsar el agua de mar, generando un ahorro económico. El desafío es que la presión del agua de mar que llega a las membranas es mayor que la presión del agua de rechazo, debido a las pérdidas de carga ocurridas durante el transporte y los

tratamientos filtrantes. Este problema se resolverá con la instalación de una bomba Booster al final del sistema de intercambio de presión, que aumentará la presión del agua de rechazo para igualarla con la del agua de entrada.

Para el cálculo del número de intercambiadores de presión es necesario contar con la ficha técnica del fabricante de, en este caso, se selecciona un Sistema de intercambiador de presión tipo PX-Q260 del proveedor "Energy Recovery", con un caudal medio de circulación de 50 m³/h, tal y como aparece en la ficha técnica adjunta.

Con este dato y conociendo el caudal-hora necesario por cada una de las líneas, se puede concluir que la planta se necesitara contar con 11 intercambiadores de presión para cada una de las líneas de producción.

5.2.3. Post- Tratamiento e Impulsión de agua tratada

El agua desalada generada a través del proceso de ósmosis inversa presenta generalmente una baja dureza y alcalinidad, lo que la hace potencialmente corrosiva. Para abordar este inconveniente, se implementa un proceso de remineralización, que busca establecer un equilibrio adecuado entre el calcio y el carbonato.

El método de remineralización a aplicar dependerá de la calidad del agua obtenida, debiendo ajustarse a los requisitos establecidos en el Real Decreto 140/2003, cuyas concentraciones máximas permitidas son las siguientes:

- pH = 6,5 - 9,5
- Sólidos Totales Disueltos (TDS) < 500 mg/l
- Dureza = 80-120 ppm de CaCO₃
- Concentración de boro < 1 mg/l

Se presentan diversas opciones para la remineralización del agua producida:

- Dosificación de CO₂ y cal viva.
- Dosificación de CO₂ e hidróxido cálcico.
- Dosificación de CO₂ y lechos de calcita.
- Dosificación de CO₂ y torres de dolomita.
- Dosificación de cloruro magnésico y bicarbonato sódico.

En España, las alternativas más comunes en la actualidad son la segunda y la tercera. Sin embargo, el hidróxido cálcico presenta la desventaja de ser un sólido que no puede ser dosificado directamente, por lo que es necesario preparar una solución conocida como "lechada de cal". A pesar de esta limitación, hay un crecimiento constante en las plantas desaladoras que emplean lechos de calcita.

5.2.3.1. Depósito de almacenamiento

Este equipo se encargará de recibir el agua producida por los sistemas de ósmosis inversa, utilizando el agua necesaria para los sistemas de retroceso o retorno, la limpieza de membranas y el uso interno de la planta. Junto a este depósito se instalará una estación de bombeo denominada “trasvase II”, que contará con 2+1R bombas de agua producto.

Desde el depósito de almacenamiento, se llevarán a cabo las tareas de distribución hacia los diferentes puntos de la red de abastecimiento mediante tuberías.

5.2.4. Dispositivos de regulación y conducciones

Cuya finalidad será el suministro de agua a los distintos elementos internos de la instalación. Diferenciamos:

- **Tuberías**

Las tuberías conectan los diferentes tramos que componen la planta con el objetivo de transportar el agua a través de ella. Para el dimensionado de las tuberías, se ha dividido la planta en dos zonas: zona de alta presión y zona de baja presión.

Las tuberías de baja presión estarán ubicadas en la zona que va desde la captación de agua de mar hasta el punto de entrada de la bomba de alta presión. De forma general y así está establecido en la diferente bibliografía consultada, para los tramos de baja presión se recomienda el uso del material Poliéster Reforzado en fibra de Vidrio (PRFV).

Por otro lado, las tuberías de alta presión conformarán los tramos desde la salida de la bomba de alta presión hasta los bastidores de osmosis inversa y, además, la zona desde el rechazo de la salmuera hasta los intercambiadores de recuperación de energía. En este caso, el material recomendado y mayoritariamente usado en este tipo de instalaciones es el Acero Inoxidable por sus propiedades químicas y físicas, ya que el PRFV no puede soportar presiones tan altas como las de funcionamiento de estos procesos.

Tanto el cálculo de longitudes necesarias de tuberías en cada una de las zonas como el cálculo de pérdidas de carga en las mismas y en cada uno de los tramos de la planta no se han considerado como parte del alcance de este proyecto, por lo que, este equipo no forma parte de la totalidad presupuestada para equipos.

- **Bombas**

En la planta se deciden instalar diferentes tipos de bombas, además de las ya mencionadas bombas de alta presión. Las funciones que desempeñan las bombas instaladas en el proceso son las siguientes:

- Bomba de captación de agua de mar. Con su instalación se impulsa el agua desde la cantara de captación hasta el pozo de bombeo.

- Bomba de trasvase I. Esta bomba pretende desplazar el agua desde el pozo de bombeo hasta los procesos de filtración y pretratamientos químicos.
- Bomba de alta presión. La función principal de las bombas de alta presión es aumentar la presión del agua de alimentación para su introducción en el proceso de osmosis inversa.
- Bomba Booster. Este tipo de bombas se encargan de equilibrar las pérdidas de cargas que se dan por el paso de agua a través de los intercambiadores de presión y los bastidores de osmosis inversa.
- Bomba de lavado. Cuya finalidad será la impulsión de agua desde el depósito de lavado químico hasta los equipos que lo requieran.
- Bomba trasvase II. Estas bombas impulsarán el agua desde el depósito de almacenamiento hasta el depósito de abastecimiento urbano.

5.2.5. Obras de suministro eléctrico

Se encargará de suministrar la energía necesaria a los distintos elementos internos de la planta.

Además, se contará con un sistema electrógeno auxiliar en caso de corte por parte de la red general de suministro eléctrico.

5.3. Edificios: Diseño constructivo

En este apartado se quieren detallar, a nivel constructivo y dimensional, cada una de las áreas que componen la totalidad de la planta.

En el "Anexo 5: Plano general planta desaladora" se encuentra el detalle del plano de nuestra planta. En este apartado se ha incluido, en cada una de las secciones, la parte del plano general que corresponde. Para su dimensionamiento se propone la construcción de la planta principal, la caseta de bombeo y las oficinas con hormigón prefabricado, sobre esta premisa, se ha calculado el número de pilares, correas y vigas necesarias.

Las correas seleccionadas están formadas por placas alveolares pretensadas de canto 34 cm, ancho 23 cm de longitud variable, que en nuestro proyecto serán de 6,25, 8 y 7,14 metros y en todos los casos serán tipo PS-34.1. Para su selección únicamente es necesario la carga de nieve y la separación entre las mismas.

Los pilares necesarios en los tres emplazamientos diseñados serán de 50x50 y en dos dimensiones según la altura de los edificios, 11,6 y 6,6 metros.

Y, por último, con relación a las vigas necesarias serán DELTA pretensadas de canto variable en las que para su elección es necesario conocer las cargas que soportaran por razón de uso y nieve, estos datos se encuentran tabulados en el Código Técnico de la

Edificación (CTE), Documento Básico SE-AE (Acciones en la Edificación). A partir de estas características, se seleccionarán vigas DELTA 3000 de tipo P3 y P4.

A algunas de las áreas de la planta se las ha decidido denominar “*edificio*” haciendo así, una homogeneización de cada uno de los locales anexos a la planta principal.

5.3.1. Edificio de bombeo de agua de mar

Este emplazamiento independiente del edificio principal podría definirse como una caseta desde la que sale una tubería que conecta la alimentación del agua de tratamiento a la planta desaladora.

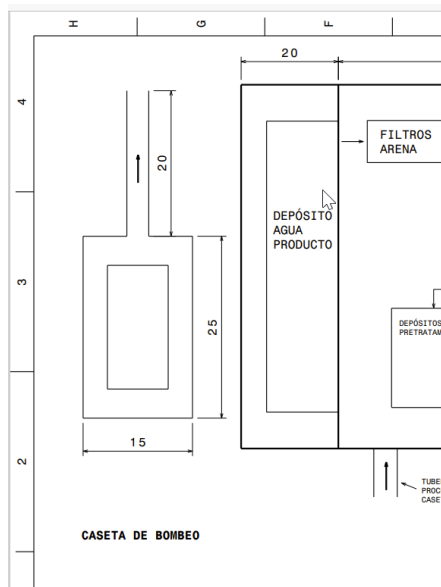


Ilustración 26. Caseta de bombeo

5.3.2. Edificio de ósmosis

También denominado, edificio principal de procesos, es aquel en el que se van a desarrollar el conjunto de actividades que forman el proceso de desalación.

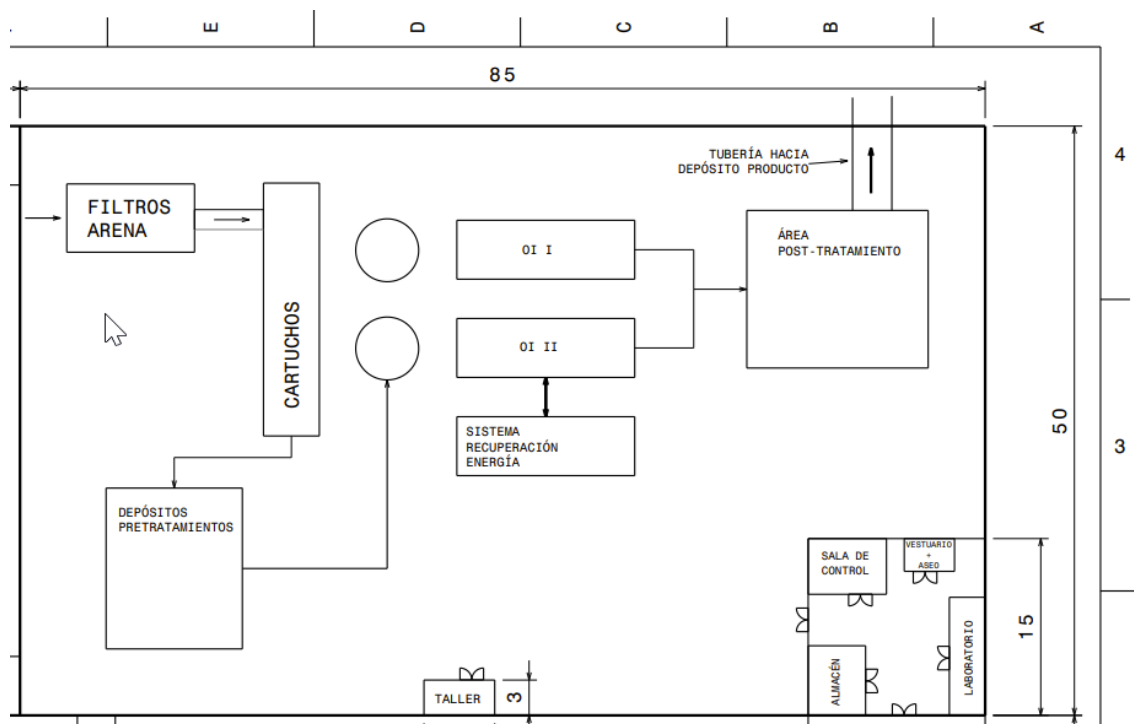


Ilustración 27. Edificio de ósmosis

5.3.3. Salas de oficinas

Las salas de oficinas tienen como función principal ser soporte para los operarios y trabajadores que estén en el día a día de la planta.

Se debe considerar un área suficiente para llevar a cabo, por un lado, tareas administrativas y de gestión en las salas de oficina

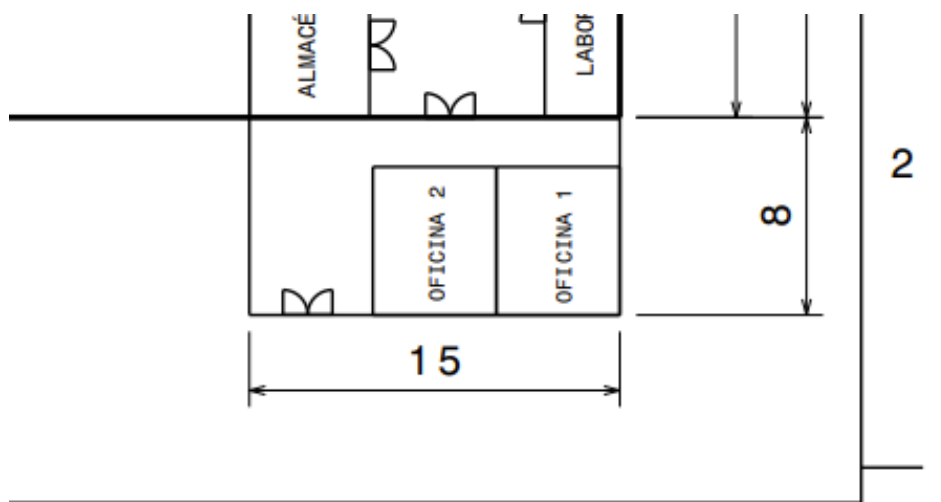


Ilustración 28. Sala de oficinas

5.3.4. Salas de vestuario, laboratorio y control

En esta zona de la planta se encuentran las siguientes estancias: almacén, sala de control, laboratorio y vestuario.

Las zonas de control, almacén y laboratorio tienen como función el monitoreo y posterior, actuación, en el día a día de funcionamiento.

Y, por otro lado, en los vestuarios y aseos se deben diseñar espacios para poder incluir muebles para almacenar, taquillas y espacios para que los trabajadores de la planta puedan llevar a cabo sus cambios de vestuario.

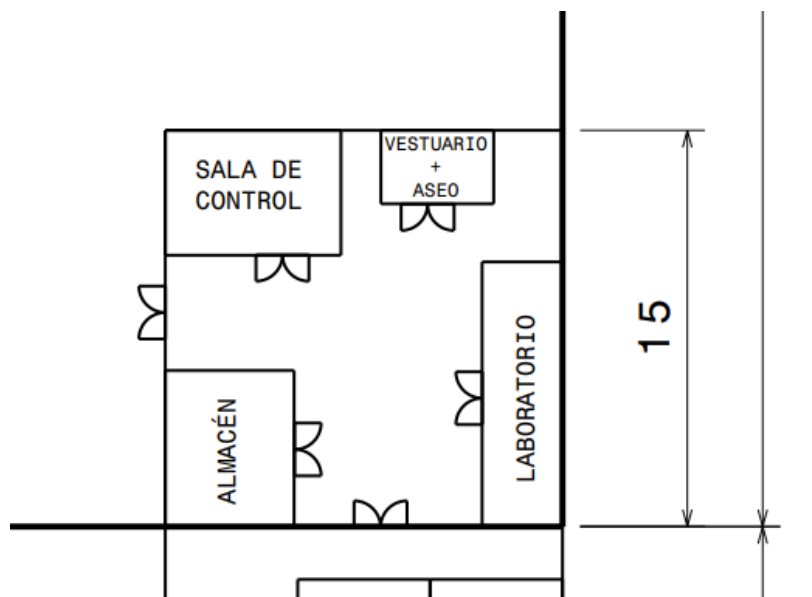


Ilustración 29. Sala de vestuario, laboratorio y control

5.3.5. Salas de taller y servicios auxiliares

Estas salas se diseñan con la finalidad de servir de soporte a todas las actividades y procesos que tienen lugar en la planta.

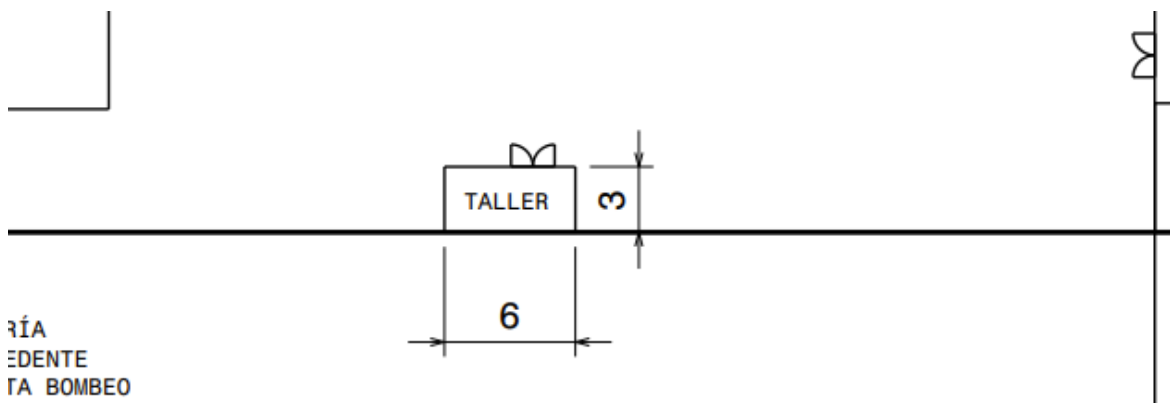


Ilustración 30. Salas de taller y servicios auxiliares

5.3.6. Galería de filtros

En esta área dentro de la planta se encuentran los filtros de cartuchos y de arena necesarios en el pretratamiento del agua de alimentación. Su disposición dependerá de la configuración del proceso de osmosis inversa, en nuestra planta, conforman una "L" inversa.

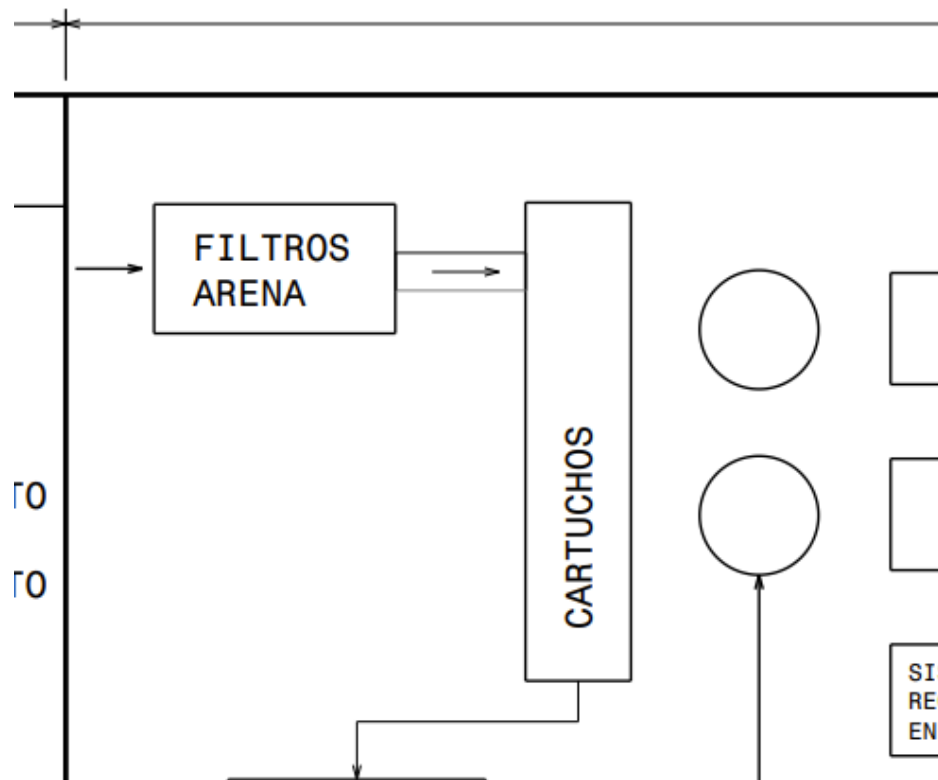


Ilustración 31. Galería de filtros

5.3.7. Área de depósito de almacenamiento

Esta zona de la instalación está dedicada a almacenar el agua producto obtenida tras el proceso de desalinización. Para su funcionamiento se encuentra anexo un conjunto de bombas que permiten la aspiración e impulsión de esta agua.

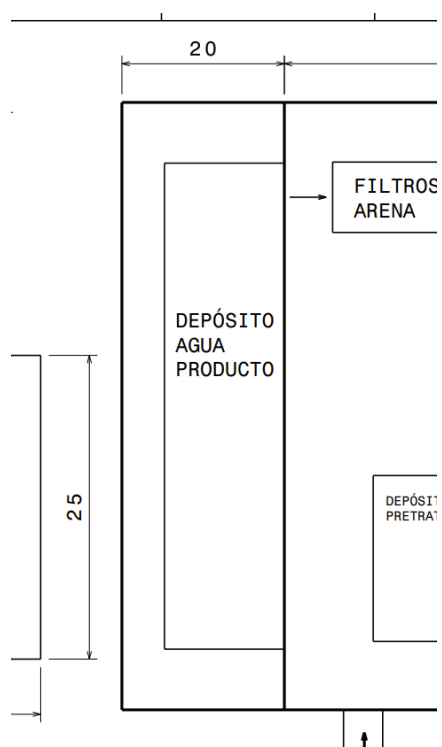


Ilustración 32. Depósito agua producto

6. CAPÍTULO 6: PRESUPUESTO

En este capítulo se incluye el presupuesto general estimado de la planta así que como un detalle de cada uno de los principales elementos que componen las instalaciones.

Para el detalle y desarrollo del presupuesto se ha contactado con la empresa “IDE Technologies”, líder mundial en soluciones de tratamiento de agua, concretamente, esta compañía está especializada en el desarrollo, ingeniería, construcción y operación de plantas desaladoras y plantas industriales de tratamiento de agua.

Para la obtención de costes que puedan incurrirse en el proyecto de construcción de una planta desaladora se debió proporcionar a esta empresa los siguientes datos:

- Calidad del agua de mar (análisis fisicoquímico, solidos en suspensión, temperatura, etc.)
- Calidad de agua tratada requerida
- Cliente final
- Localidad
- Alcance solicitado (llave-en-mano, EPC, suministro de equipos, etc.).

Todos estos datos se encuentran detallados en el presente proyecto y fueron facilitados para la realización de los cálculos de costes.

Cabe mencionar, que los costes de diseño e instalación de una desaladora de osmosis inversa de agua de mar varía mucho con el tamaño, localidad, tipo de toma, tipo de descarga, entre otros parámetros.

De forma estimada se presentan los siguientes datos que pueden hacernos ver el orden de magnitud de costes:

Detalle	Coste (EUR)
Diseño, fabricación de equipos, transporte al sitio, supervisión del montaje y puesta en marcha	26.500.00,00
Consumo eléctrico específico (Incluye toma de agua y todos los consumos de la planta)	3,5 – 3,7 kwh/m ³
Costes de operación y mantenimiento (Incluye reposición de membranas, cartuchos, repuesto, mantenimiento, mano de obra, operadores, gastos generales)	0,235/m ³

Tabla 4. Detalle costes planta

Y por clarificar, se debe mencionar que estos costes estimados no incluyen impuestos, aranceles, IVA, etc.

De forma adicional, se incluye un detalle del coste de cada uno de los equipos que componen la planta desaladora a partir de precios disponibles en catálogos.

- **Bombas**

Detalle	Unidades	Precio unidad (EUR)	Precio total (EUR)
Bombas de captación	3	11.000,00	33.000,00
Bombas de trasvase I	2	13.000,00	26.000,00
Bombas de alta presión	4	57.000,00	228.000,00
Bombas Booster	2	29.000,00	58.000,00
Bombas lavado	2	12.000,00	24.000,00
Bombas de trasvase II	3	13.000,00	39.000,00

Tabla 5. Detalle costes bombas

- **Filtros**

Detalle	Unidades	Precio unidad (EUR)	Precio total (EUR)
Filtros de arena	8	35.000,00	280.000,00
Cartuchos	10	15.730,64	125.845,12

Tabla 6. Detalle costes filtros

- **Unidad de ósmosis inversa**

Detalle	Unidades	Precio unidad (EUR)	Precio total (EUR)
Membranas de OI	916	747,51	684.719,16
Tubos de presión	154	1.100,00	169.400,00

Tabla 7. Detalle costes unidad de OI

- **Intercambiador de presión**

Detalle	Unidades	Precio unidad (EUR)	Precio total (EUR)
Intercambiador de presión PX-Q260	22 (11x2)	27.266,40	599.860,8

Tabla 8. Detalle costes IP

- **Depósitos**

Detalle	Unidades	Precio unidad (EUR)	Precio total (EUR)
Cántara de captación - Depósito GFS	1	757.734,42	757.734,42
Pozo de bombeo (Depósito intermedio) - Depósito GFS	1	757.734,42	757.734,42
Depósito equilibrio osmótico - Depósito Epoxy	1	98.840,54	98.840,54
Depósito agua producto - Depósito FRP Roof	1	98.840,54	98.840,54

Depósitos pretratamientos - Depósito de soldadura de acero al carbono	4	8.485,31	33.941,24
Depósito de lavado químico - Depósito de soldadura de acero al carbono	1	8.485,31	8.485,31

Tabla 9. Detalle costes depósitos

Una vez indicado el desglose de costes de cada uno de los equipos sensibles de esta estimación presupuestaria, se incluye el valor total, que conformaran esta partida del presupuesto:

Detalle	Coste (EUR)
Bombas	408.000,00
Filtros	405.845,12
Osmosis inversa	854.119,00
Intercambiadores de presión	599.860,80
Depósitos	1.755.576,47
Total	4.023.401,39
IVA (21%)	844.914,29
Total + IVA	4.868.315,68

Tabla 10. Sumatorio costes equipos

Y, por último, para concluir el desarrollo del presupuesto estimado de la planta proyectada, se incluye el coste del proyecto estructural. Se elige para su construcción el modelo de planta de hormigón prefabricado y los precios medios de los elementos se han obtenido a partir de la web Generador de precios, España.

- **Pilares**

Detalle	Unidades	Precio m3 (EUR)	Precio total (EUR)
Pilares Longitud 11,6m, 50x50	32	581,29	53.943,72
Pilares Longitud 6,6m, 50x50	6	556,71	5.511,43

Tabla 11. Detalle costes pilares

- **Viga delta pretensada**

Detalle	Unidades	Precio unidad (EUR)	Precio total (EUR)
Vigas delta 3000 P3	4	3.580,00	12.272,73
Vigas delta 3000 P4	2	4.765,00	9.530,00
Vigas delta Longitud 26,25 m	24	5.514,60	134.350,40

Tabla 12. Detalle costes viga delta

- **Correas**

Detalle	Unidades	Precio metro (EUR)	Precio total (EUR)
PS 34-1 de 6,25 m	5	32,06	1.001,87
PS 34-1 de 8 m	6	32,06	1.538,88
PS 34-1 de 7,14 m	450	32,06	103.008,78

Tabla 13. Detalle costes correas

La totalidad de coste de los elementos estructurales estudiados se detalla en la siguiente tabla:

Detalle	Precio total (EUR)
Pilares	59.455,15
Correas	105.549,53
Vigas	156.153,13
Total	321.157,81
IVA (21%)	67.443,14
Total + IVA	388.600,95

Tabla 14. Sumatorio costes estructura

El presupuesto de los equipos de la instalación y de los elementos estructurales, incluyendo el IVA, de la planta ascenderá a los **5.256.916,63** EUR.

Para concluir, de manera general, se incluyen en el presupuesto final un 13% de gastos generales y el 6% de beneficio industrial.

Detalle	Precio total (EUR)
Total, equipos sin IVA	4.023.401,39
Total, materiales estructura sin IVA	321.157,81
Total	4.344.559,20
Gastos generales (13%)	564.792,70
Beneficio industrial (6%)	260.673,55

Tabla 15. Detalle final presupuesto

7. CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y TENDENCIAS

El objetivo principal de este proyecto es generar agua disponible y de calidad para el consumo humano, así como para su utilización en actividades de regadío de la zona. De forma paralela, se deben considerar otra serie de objetivos fundamentales en cualquier proyecto de ingeniería que se desarrolle en la actualidad. Estos son la optimización de la eficiencia energética de las instalaciones industriales, la mayor durabilidad de equipos llevando a cabo mantenimientos preventivos y, por último, la promoción de inversiones en investigación y desarrollo de nuevos materiales para la industria.

En relación a la flexibilidad de la planta desaladora, esta se pretende mostrar como adaptable a la demanda y a las necesidades. Para ello, el diseño se ha realizado teniendo en cuenta el número de bombas principales y el número de líneas de producción, haciendo coincidir ambos para llevar a cabo así una correcta regulación de la demanda requerida en cada momento.

Con relación a las tendencias y perspectivas futuras de la desalación se destacan dos puntos:

- **Minería de salmuera**

La minería de salmuera puede convertir al concentrado de rechazo o salmuera en un recurso de alto valor agregado debido a la recuperación de minerales a través de esta. Las tecnologías que trabajan e investigan en esta opción no están todavía muy consolidadas, pero se presentan como una alternativa muy competitiva en la obtención de minerales y compuestos químicos.

Los elementos que podrían obtenerse a partir de la salmuera son cloruro sódico, cloruro potásico, calcio, magnesio, estroncio, boro, cesio, entre otros.

Actualmente, la salmuera se considera un residuo, es decir, simplemente un producto de desecho, además de un posible problema medioambiental sino esta correctamente gestionado.

Esta nueva tecnología apoyaría la reducción de impacto medioambiental de la desalación, se presentaría como una opción más económica y ecológica que la minería tradicional y daría solución a la generación de residuos derivados de los procesos de desalación.

- **Hidrógeno verde como vector en la desalación de agua**

El hidrogeno verde, a pesar de ser el elemento más abundante presente en La Tierra, no puede encontrarse en estado gaseoso, es por ello, que no puede considerarse una fuente de energía primaria ya que para su obtención es necesario aplicar una fuente de energía, de ahí que se denomine vector energético, ya que es capaz de almacenar energía para ser liberada posteriormente.

El término “Hidrógeno verde” indica que las fuentes de energía aplicadas para su obtención son renovables. En este punto entra el agua como materia prima.

Dado que el agua es un recurso esencial para la producción de hidrógeno verde y que tanto la desalación como la reutilización del agua requieren energía, estas tecnologías pueden estar estrechamente vinculadas a distintos niveles. Por un lado, el uso de agua desalinizada y reutilizada para garantizar un suministro de agua de calidad en la producción de hidrógeno, y por otro, las sinergias entre el proceso de electrólisis y la reutilización del agua procedente de aguas residuales. Esto se debe a que el hidrógeno puede facilitar la eliminación de contaminantes y reducir el consumo energético, lo que contribuye a sistemas de tratamiento de aguas residuales más sostenibles y rentables.

Otra opción sería utilizar directamente el hidrógeno verde como fuente principal o secundaria de energía para las plantas desaladoras. Además, existe la posibilidad de utilizar agua de mar desalinizada para producir hidrógeno verde, un enfoque que ya se está explorando en varios proyectos piloto.

Por otro lado, y de manera general tras la revisión de la bibliografía necesaria para la elaboración del proyecto, se recalcan los siguientes puntos:

- El agua producto proveniente de la desalación no es cara
- El consumo de energía necesario para la desalación no es “excesivo” en comparación a otras industrias
- El impacto de las actividades de desalación en el entorno marino no es destacable.
- España ha sido y es pionera en el desarrollo de tecnologías de desalación, lo que hace que sus empresas sean fuente de conocimiento y experiencia en la materia.
- Un porcentaje elevado del agua resultado del agua desalada en el mundo tiene como uso la agricultura e industria, además de su utilización como agua potable.
- No se aprecian cambios de sabor u olor en el agua desalada cuando se consume como agua potable, es decir, la calidad de ella es excelente.
- La salmuera, es decir, el concentrado de las desaladoras es básicamente agua de mar que no ha pasado a través de las membranas de ósmosis inversa.
- Las plantas desaladoras, en su proceso de conversión, no tienen ninguna emisión directa de dióxido de carbono. Cabe destacar que aquí no incluimos la energía eléctrica
- La desalación es y va a ser clave en la batalla contra las sequías y el cambio climático.
- La desalación es una tecnología a favor de la sostenibilidad.

Para concluir con este apartado y la memoria del proyecto quiero mencionar que durante su elaboración tuvieron lugar las inundaciones en España causadas por la DANA y, de manera especial, destaco aquellas que ocurrieron en la provincia de Málaga. Este fenómeno excepcional tuvo lugar de forma imprevisible y sin poder planificar sus actuaciones necesarias para su contención.

En este sentido, se enfatiza en toda la zona de La Axarquía, por ser la localización seleccionada como emplazamiento para la planta desaladora, ya que fue una de las más afectadas y poblaciones como Benamargosa sufrieron las consecuencias terribles de estas inundaciones.

Aun no se tiene un cálculo real del coste de este fenómeno en estas poblaciones, pero sin duda han tenido y tendrán grandes implicaciones en las próximas decisiones de planificación hidrográfica de la zona.

La naturaleza puede ser nuestra gran aliada, tal y como versa este proyecto, pero también es una fuerza superior al hombre y hay que planificar y gestionar nuestros recursos y territorios teniendo esa máxima como eje de todas las decisiones que se toman.

8. CAPÍTULO 8: ANEXO

8.1. Anexo 1: Número de habitantes por municipio de la Comarca de La Axarquía. Año 2023

Municipio	Población total
Vélez-Málaga	86.364
Rincón de la Victoria	51.315
Nerja	21.850
Torrox	20.831
Algarrobo	6.780
Cómpeta	3.585
Colmenar	3.498
Frigiliana	3.396
Periana	3.340
Benamocarra	3.082
Riogordo	2.816
Alcaucín	2.575
La Viñuela	2.054
Almáchar	1.846
Canillas de Aceituno	1.774
Sayalonga	1.626
Benamargosa	1.551
Comares	1.339
Arenas	1.306
Moclinejo	1.227
Alfarnate	1.058
El Borge	929
Iznate	921
Canillas de Albaida	826
Totalán	767
Sedella	622
Cútar	600
Macharaviaya	524
Árchez	395
Alfarnatejo	379
Salares	192
	229.368

Tabla 16. Número de habitantes por municipio de la Comarca de La Axarquía. Año 2023

8.2. Anexo 2: Pronóstico de la situación de sequía pluviométrica para los próximos 12 meses

En la siguiente tabla se refleja la probabilidad de permanecer en situación de sequía en los próximos 1, 2, 6 y 12 meses, basada en las series históricas existentes. Los resultados se reflejan en términos de probabilidad de seguir en situación de sequía clasificados como baja (por debajo del 33%), media (entre el 33 y el 66%) y alta (por encima del 66%).

En el caso de nuestro estudio:

PROVINCIA	CÓDIGO	COMARCA	1 MES (%)	2 MESES (%)	6 MESES (%)	12 MESES (%)
Huelva	2106	Condado Litoral	92	88	92	80
Jaén	2301	Sierra Morena	57	58	62	55
Jaén	2302	El Condado	66	65	71	61
Jaén	2303	Sierra de Segura	92	83	86	83
Jaén	2304	Campaña del Norte	92	85	89	83
Jaén	2305	La Loma	94	86	89	86
Jaén	2306	Campaña del Sur	97	90	93	90
Jaén	2307	Mágina	89	83	88	83
Jaén	2308	Sierra de Cazorla	92	84	85	89
Jaén	2309	Sierra Sur	99	93	95	94
Málaga	2901	Norte o Antequera	95	89	94	87
Málaga	2902	Serranía de Ronda	90	84	90	83
Málaga	2903	Centro-Sur o Guadalhorce	94	91	95	88
Málaga	2904	Vélez Málaga	90	86	92	83
Sevilla	4101	La Sierra Norte	48	55	59	55
Sevilla	4102	La Vega	83	81	84	75
Sevilla	4103	El Aljarafe	77	77	78	69
Sevilla	4104	Las Marismas	95	91	94	87
Sevilla	4105	La Campiña	85	80	84	76
Sevilla	4106	La Sierra Sur	86	80	86	77
Sevilla	4107	De Estepa	81	77	78	73

Tabla 17. Pronóstico de la situación de sequía pluviométrica para los próximos 12 meses a partir de diciembre 2023.
(Fuente: Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul - Junta de Andalucía)

8.3. Anexo 3: Consumo medio diario en las capitales de provincia de Andalucía. Datos recopilados años 2020 y 2023.

Se señala la comarca de La Axarquía.

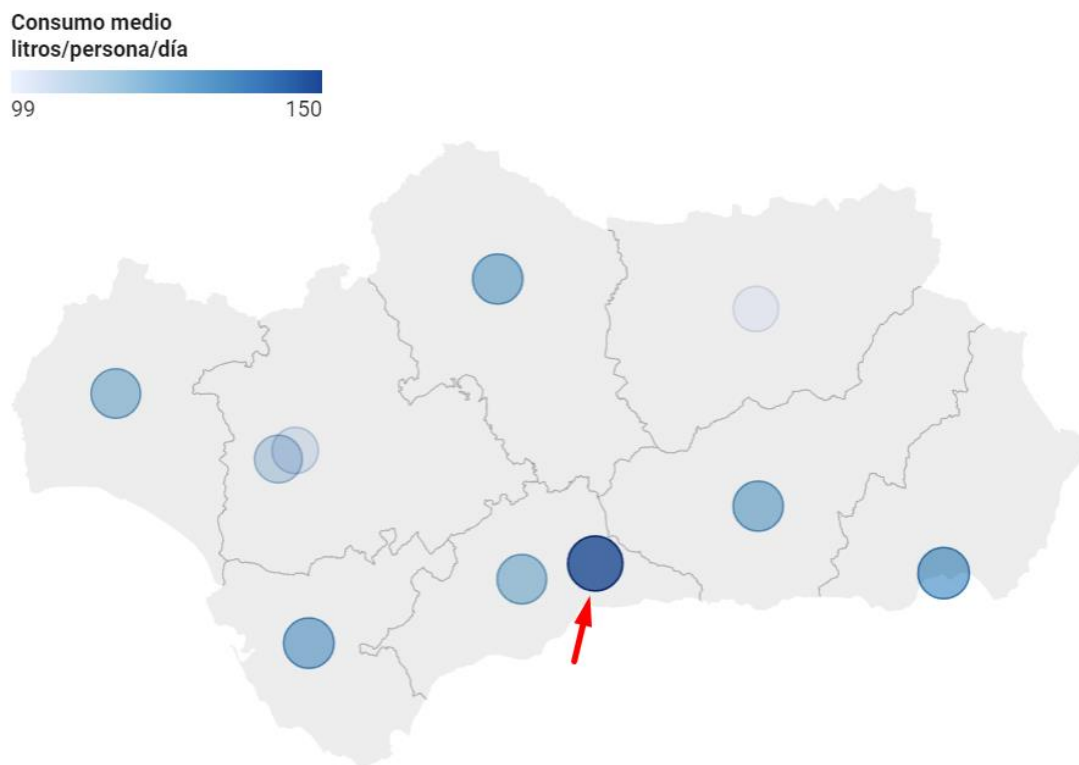


Ilustración 33. Fuentes del sector hidráulico Datos cartográficos (Fuente: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente)

8.4. Anexo 4: Diagramas de flujo modelo

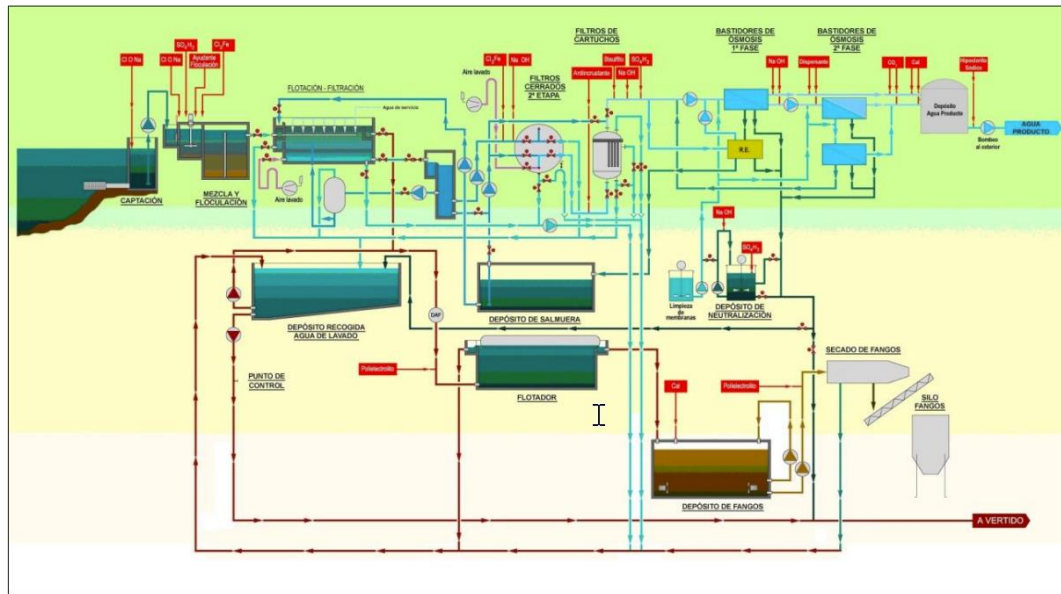


Ilustración 34. Esquema de funcionamiento ejemplo de planta desaladora de Torrevieja

8.5. Anexo 5: Plano general planta desaladora

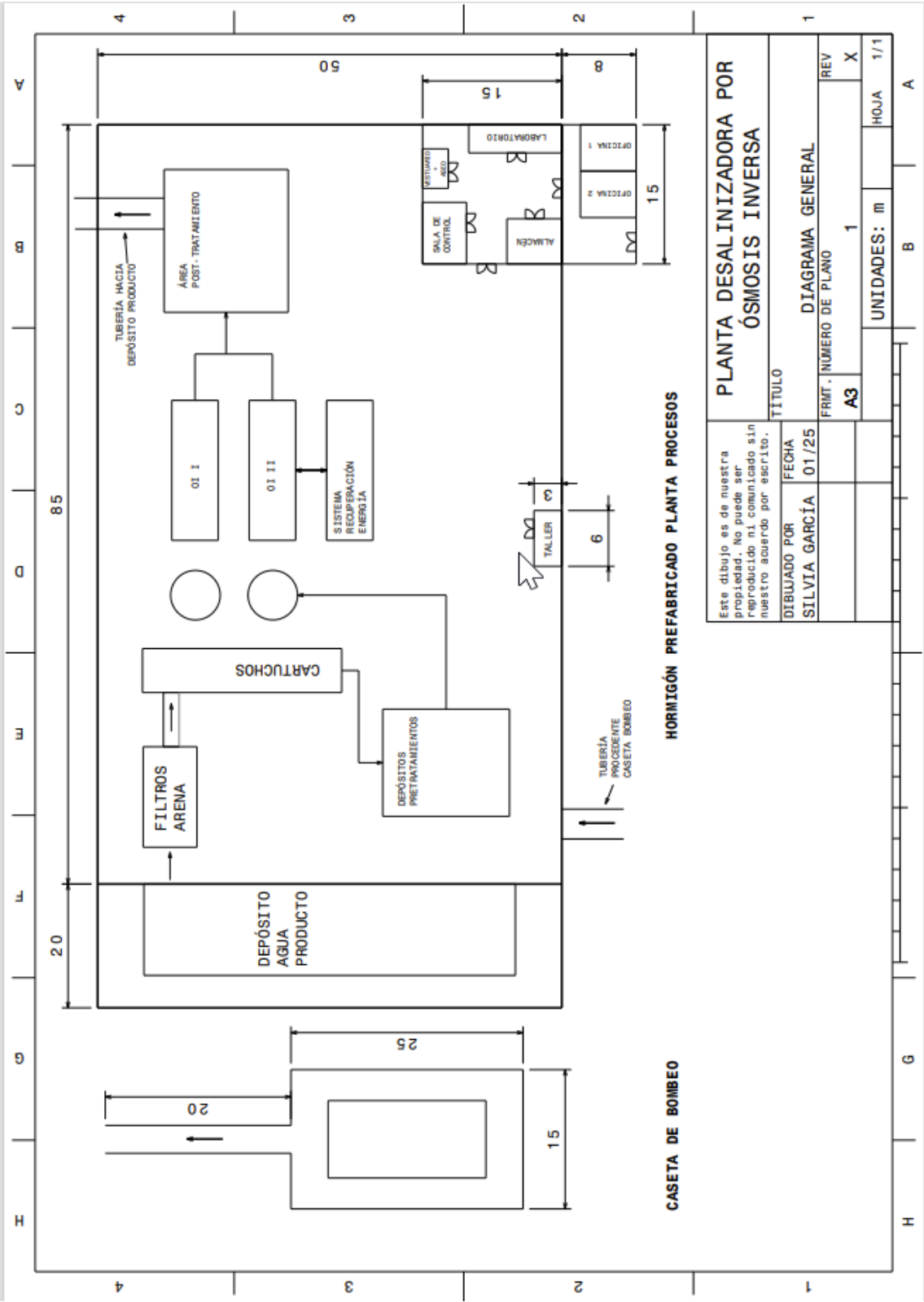


Ilustración 35. Plano general

8.6. Anexo 6: Fichas técnicas

En este apartado del anexo se incluyen las fichas técnicas de los catálogos de cada uno de los equipos seleccionados para la instalación de la planta desaladora.

8.6.1. Ficha técnica Bombas sumergibles para aguas residuales Gama ABS XFP XFP. Fabricante SULZER

Bombas sumergibles para aguas residuales Gama ABS XFP 1,3-30 KW – 50 HZ

Aplicaciones principales

La bomba sumergible para aguas residuales Gama ABS XFP está diseñada para trabajar con agua residual urbana e industrial, integra un motor Premium Efficiency (categoría IE3) y está indicada para trabajar en/con:

- Zonas de riesgo
 - Certificación ATEX (Ex II 2G Ex h db IIB T4 Gb), FM y CSA de serie para motores de tamaños PE1 a PE3*
 - Certificación ATEX (Ex II 2G Ex h db IIB T4 Gb), FM y CSA opcional para motores de tamaños PE4 a PE7*
- Aguas limpias y residuales
- Agua residual con sólidos y material fibroso
- Agua residual con lodos y alto contenido en sólidos
- Agua bruta y residual industrial
- Distintos tipos de efluentes industriales
- Redes de saneamiento municipales unitarias, combinación de agua residual y pluvial

* Consultar tabla de potencias de motor en página 10



I

Ahorros con Premium Efficiency

Las bombas XFP ofrecen un alto rendimiento tanto hidráulico como del motor, lo que permite conseguir ahorros significativos durante todo el ciclo de vida:

- Gran ahorro en consumo energético
- Menores costes de funcionamiento
- Bajo coste de mantenimiento
- Menos interrupciones del servicio por averías o bloqueos

Grandes ahorros equivalen a un entorno más saludable, así como a la reducción de la huella de carbono y del riesgo de reboses perjudiciales. Las bombas XFP ayudan a que su instalación sea más competitiva mientras contribuye a crear un futuro más sostenible.



Características y beneficios de la hidráulica

1 Amplia selección de impulsores

- Diseño de impulsores altamente fiable y eficiente con modelos de uno y varios álabes que garantizan una resistencia excepcional al bloqueo, con un paso de sólidos mínimo de 75 mm / 3 pulgadas
- Equilibrio óptimo entre el número de álabes del impulsor y el transporte de sólidos, conseguido a partir de un diseño avanzado con métodos de dinámica de fluidos asistidos por ordenador (CFD) y completados con ensayos exhaustivos
- Eficiencia líder del mercado, sin perjuicio del paso de sólidos y el bombeo de fibras

2 Placa base ajustable con ranurado discontinuo

- Considerable ahorro energético durante toda la vida útil
- Funcionamiento libre de atascos
- El reajuste de la placa base restaura la eficiencia de la bomba
- Mantenimiento de la eficacia del transporte de sólidos durante su vida útil

3 Doble carcasa en la voluta a partir de DN 400

- Reduce las fuerzas radiales y la deflexión en el eje
- Maximiza la vida de los rodamientos y las juntas mecánicas reduciendo, por tanto, los costes del ciclo de vida

4 Dobles juntas mecánicas

- El carburo de silicio/carburo de silicio (SiC/SiC) proporciona la máxima resistencia a la abrasión
- La protección de bloqueos de la junta reduce los costes de operación
- SiC/SiC es una combinación químicamente resistente al agua residual y a la mayoría de las aplicaciones industriales

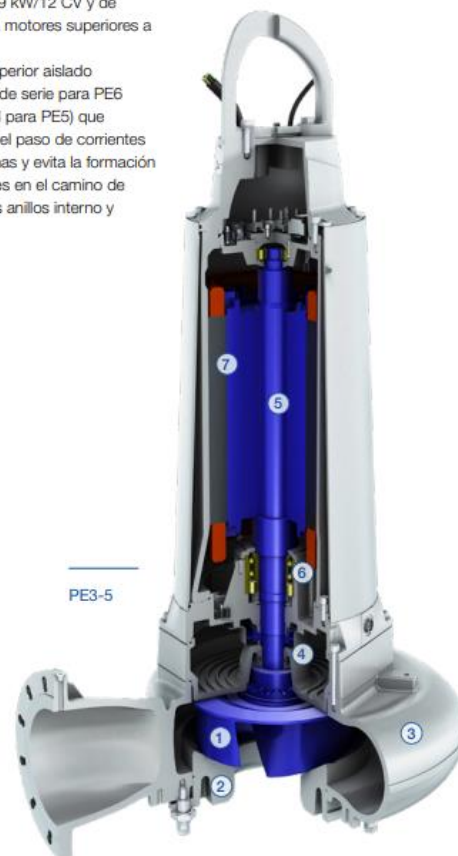
5 Eje en acero inoxidable de alta resistencia

- Minimiza la deflexión en la junta mecánica a $<0,05 \text{ mm}/0,002$ pulgadas
- Mayor seguridad contra fracturas por fatiga

6 Rodamientos robustos

- Vida mínima de 50.000 h para motores hasta 9 kW/12 CV y de 100.000 h para motores superiores a 11 kW/17 CV
- Rodamiento superior aislado eléctricamente de serie para PE6 y PE7 (opcional para PE5) que protege contra el paso de corrientes eléctricas dañinas y evita la formación de microcráteres en el camino de rodadura de los anillos interno y externo

7 Motor IE3 Premium Efficiency según norma IEC 60034-30



Especificaciones

Opciones de material

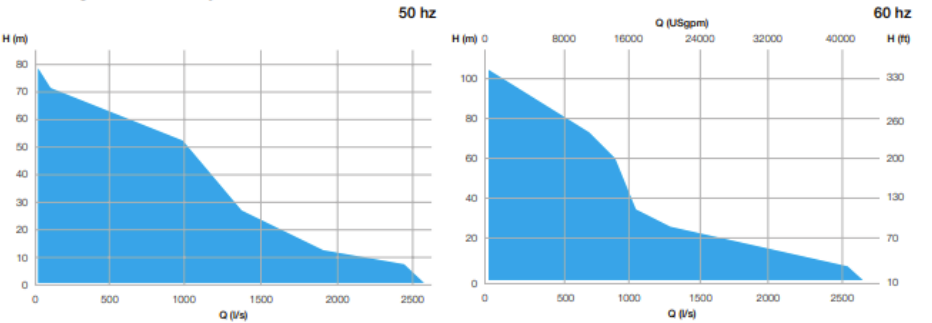
Componente de la bomba	Material
Voluta	EN-GJL-250, 1.4470* o 1.4469*
Impulsor / placa base	EN-GJL-250, EN-GJL-250 endurecido a la llama, 1.4470 o 1.4469*, alto contenido en cromo (A-532 IIIA)**
Eje del motor	1.4021 o 1.4462
Alojamiento del motor / cámara de conexiones	EN-GJL-250
Camisa de refrigeración	PE3: EN-GJL-250 PE4-7: 1.0036, AISI 316*
Pedestal	EN-GJL-250, 1.4470* o 1.4469*

* disponible bajo pedido para PE4 a PE7 y PE1 ** disponible para PE2-5

Datos de servicio

	50 Hz	60 Hz
Tamaños de bomba	80 a 800 mm	80 a 800 mm / 3,2 a 32 in.
Caudales	hasta 2.400 l/s	hasta 2.500 l/s / 39.600 USgpm
Alturas	hasta 80 m	hasta 95 m / 310 ft.
Potencias de motor	1,3 a 550 kW	2 a 620 kW / 2,7 a 830 hp

Rangos de trabajo

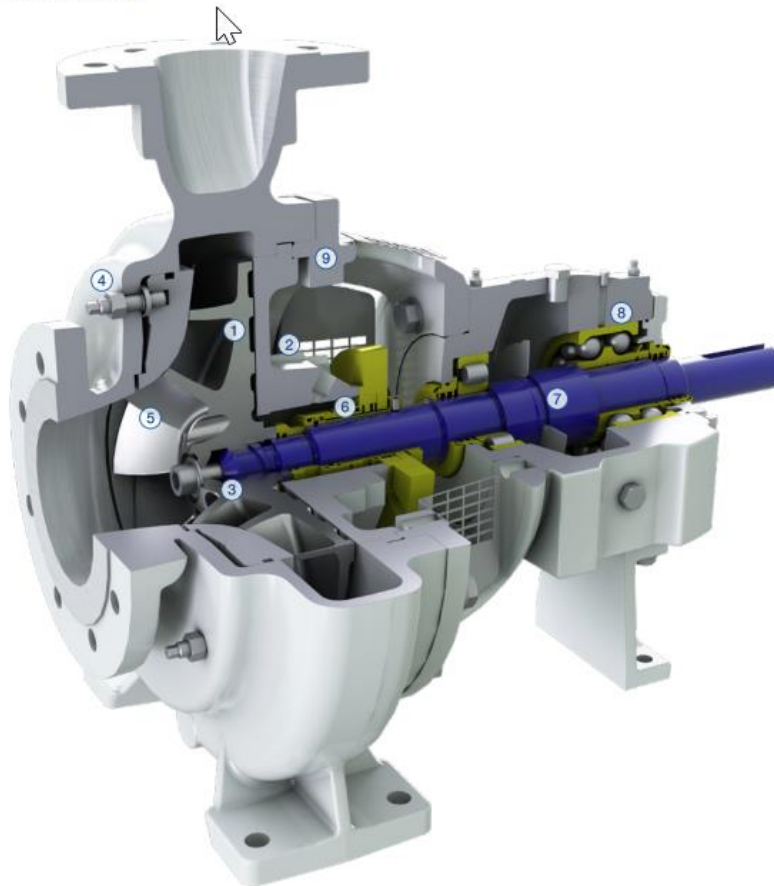


8.6.2. Ficha técnica Bombas trasvase I y II Fabricante SULZER

AHLSTAR end-suction single-stage centrifugal pumps

Superior design minimizes life cycle costs

- ① Versatile range of reliable and efficient impellers
- ② Innovative and reliable integrated degassing and self-priming units
- ③ Robust, reliable and patented Rotokey impeller mounting
- ④ Externally adjustable patented side plate
- ⑤ Patented balancing holes
- ⑥ Wide variety of shaft seal options
- ⑦ Heavy-duty shaft
- ⑧ Reliable bearing unit
- ⑨ Back pull-out design



Features and benefits

Versatile range of reliable and efficient impellers

- Reduces life cycle costs, energy consumption, operation time and downtime

Externally adjustable patented side plate

- Allows fast and simple impeller clearance setting, thereby minimizing life cycle costs and ensuring continued high efficiency

Heavy-duty shaft

- Reduces deflection at stuffing box to <0.05 mm / 0.002 in
- Helps extend shaft seal lifecycle, reduces unexpected shutdowns and maintenance costs

Innovative and reliable integrated degassing and self-priming units

- For a variety of applications with difficult liquids
- Designed to help the centrifugal pump start quickly when the liquid level is below the pump in self-priming applications

Patented balancing holes

- Ensure efficient liquid circulation behind the impeller and in the seal chamber
- Guarantee optimum shaft seal performance by reducing unexpected shutdowns and minimizing operation and maintenance costs

Reliable bearing unit

- Reliable, heavy-duty bearing unit minimizes maintenance costs
- Includes oil and grease lubrication for all performance needs: grease lubrication for applications up to 120°C / 250°F; and oil lubrication for up to 180°C / 355°F

Robust, reliable and patented Rotokey impeller mounting

- Enables fast and simple dismantling and reassembly
- Helps minimize maintenance costs

Wide variety of shaft seal options

- Effective dynamic, single and double mechanical seals and gland packing
- Fast and simple installation
- No measurement required

Back pull-out design

- Facilitates quick access for servicing



A range Peak performance process pumps for demanding applications

AHLSTAR A end-suction single-stage centrifugal process pumps are used for demanding industrial applications to ensure process reliability, high efficiency and low operating costs.

Impeller options



Low-flow
impeller



Open impeller



Special open
impeller



Vortex impeller



Low-pulse
impeller

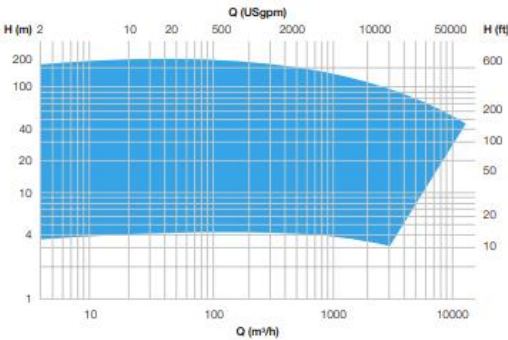


Closed impeller

Operating data

	50 Hz	60 Hz
Capacities	11'000 m³/h	48'400 USgpm
Heads	160 m	525 ft.
Temperatures	180°C	356°F
Pressures	16/25 bar	230/360 psi
depending on material and size		

Performance range



8.6.3. Ficha técnica bomba de alta presión. Fabricante SULZER

Bomba de sección anular multietapa MBN-RO

Main industries and applications

Process pumps in desalination applications need to offer long-term reliability and efficiency to ensure operating costs are kept to a minimum. Working with seawater demands a high-quality build and precision design that minimizes maintenance costs, enabling the local population to receive a reliable source of high-quality fresh water.

The MBN-RO is a configured, ring section, multistage pump specifically designed for high pressure membrane feed service in sea water reverse osmosis applications. Its improved hydraulic performance makes it suitable for any other high-pressure application with clean liquids. It is mainly used in the following applications:

- Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) applications
- Clean water pumping stations
- Any other high-pressure application with clean liquids and low temperature

Optimized design

Sulzer's MBN-RO has been developed specifically for applications in desalination plants. The fully configured pump models ensure short lead-times for delivery and excellent parts availability.

Improved efficiency has been achieved through state of the art hydraulic and mechanical design, making a direct contribution to lowering the cost of fresh water to the local population.

The minimal footprint of the pumps makes for a compact installation, maximizing the available space within a processing plant.

The materials used in pumps that operate with seawater are very important. The MBN-RO range is constructed from super duplex stainless steel, which offers excellent protection against erosion and corrosion.

The MBN-RO range is just part of Sulzer's wider portfolio of pumps specifically designed for seawater reverse osmosis.

 [More info at sulzer.com/desalination](https://www.sulzer.com/desalination)

Features and benefits

1 Bearing assembly

- Product-lubricated bearings at both Drive End (DE) and Non-Drive End (NDE) to make the pump compact, reliable and easy to maintain, do not require lubricating grease or oil

2 Hydraulics

- High efficiency, low Net Positive Suction Head (NPSH) impellers to match customer needs are used for all stages, providing modularity, top efficiency and ideal suction performance
- Double volute at last stage reduces the radial thrust and increases overall efficiency
- Replaceable stationary PEEK wear parts used to increase efficiency and reduce maintenance

3 Flanges

- Can be installed side or top position as per customer convenience allows flexibility in the pipe layout including the typical side-side orientation
- Radial suction flange allows accessibility to mechanical seal and product lubricated bearing at DE without disassembling the piping

4 Shaft sealing

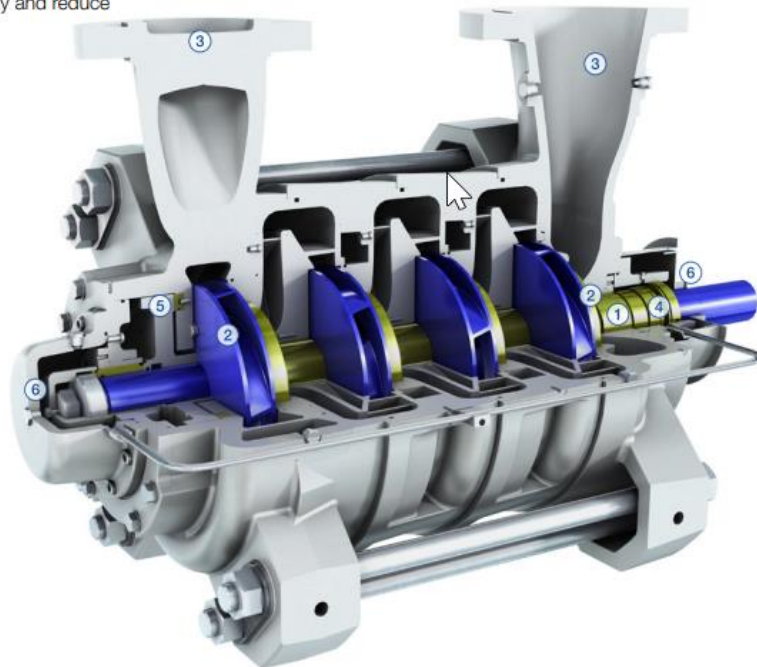
- Integrated single mechanical seal at DE, low pressure side, with flushing from first stage
- No mechanical seal on the high pressure side

5 Axial thrust balance

- By means of balancing disc to ensure optimum efficiency

6 Maintenance

- All parts typically subject to maintenance (both DE and NDE bearings, balancing disc, mechanical seal) are accessible and can be replaced on site, without removal of suction and discharge piping



Specifications

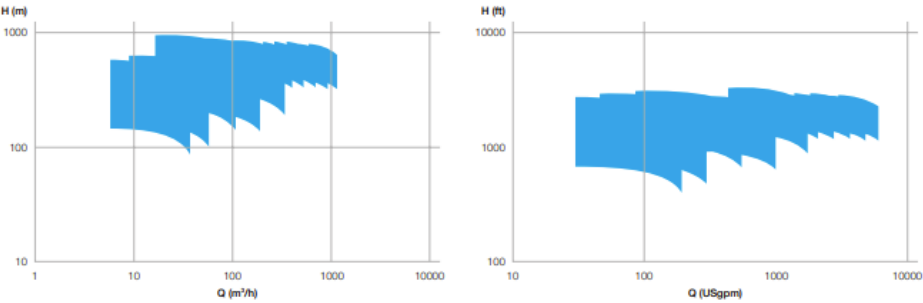
Materials

Pump part	41 (Duplex)	4T (Super duplex)
Casing, impeller, diffuser	ASTM A890 Gr 3A	ASTM A890 Gr 5A
Wear ring	PEEK	PEEK
Shaft	EN 1.4462	EN1.4410
Slide bearings	EN 1.4462 + PEEK/SUME	EN 1.4410+PEEK/SUME
Cover	ASTM A890 Gr 5A	ASTM A890 Gr 5A

Operating data

	50 Hz	60 Hz
Pump sizes (discharge)	25 to 200 mm	1 to 8 in.
Capacities	up to 1'100 m³/h	up to 4'800 USgpm
Heads	up to 900 m	up to 2'950 ft.
Pressures	up to 100 bar	up to 1'450 psi
Temperatures	70°C	158°F

Performance range

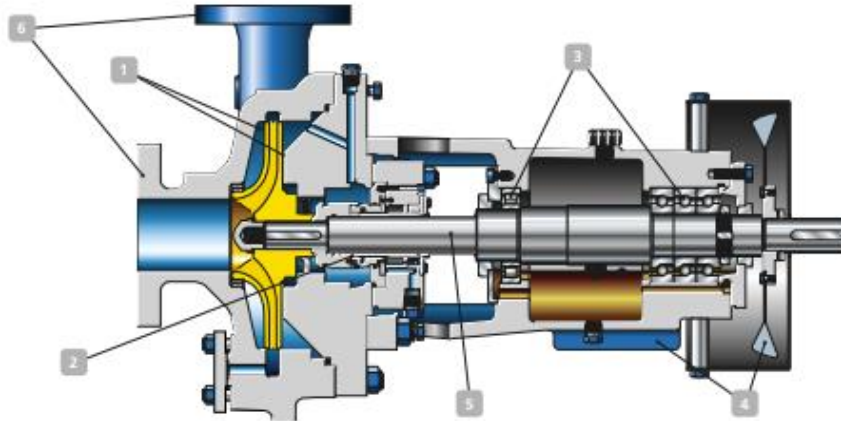


8.6.4. Ficha técnica bomba Booster. Fabricante KSB

RPH-RO – Bomba Booster para plantas desaladoras



RPH-RO – bomba booster para plantas desaladoras



1 Bajos costes de mantenimiento

- Gracias al diseño personalizado del dispositivo de descarga en función del punto de servicio, se reducen notablemente las fuerzas axiales.
- La doble voluta (a partir de DN 80) reduce el empuje radial y previene la flexión del eje, disminuyendo considerablemente las cargas sobre los cojinetes y el cierre mecánico.

2 Larga vida útil del cierre mecánico

Se utiliza de forma estándar el cierre mecánico «4RPS» especialmente desarrollado por KSB. El uso de un casquillo protector del eje disminuye mucho la carga sobre el cierre y, en combinación con materiales de gran calidad, garantiza una excelente fiabilidad.

3 Larga vida útil y gran fiabilidad de los cojinetes

La ejecución de los cojinetes en tándem es apta para presiones de entrada elevadas.

4 No se requiere circuito de refrigeración

Con temperaturas del fluido y ambiente altas, los soportes de acero de los cojinetes con aletas de refrigeración integradas y el ventilador opcional evitan el sobrecalentamiento de la bomba.

5 Facilidad de mantenimiento

El cierre mecánico simple de tipo cartucho facilita el mantenimiento, dado que se monta y desmonta con rapidez.

6 Elevada flexibilidad

Las bridas de bomba son disponibles para todos los tipos de tubería habituales, ya que se fabrican según los requisitos de todas las normas hasta PN 100 (clase ASME 600).

Costes operativos reducidos

Al no ser necesario un medio de cierre, los costes operativos se reducen de forma considerable.

Materiales

Super-Duplex A890, grado 5A

Datos técnicos de la configuración estándar

Tamaño (boca de impulsión)	DN 100 – 350 / 4 – 14 inches
Caudal	hasta 2.500 m³/h / 11.008 gpm
Altura de bombeo	hasta 150 m / 492 ft
Presión de servicio	hasta 80 bar / 1.160 psi
Temperatura del medio de bombeo	de 0 °C a +40 °C / de +32 °F a +104 °F
Velocidad	hasta 3.500 rpm



KSB SE & Co. KGaA
Johann-Klein-Straße 9
67227 Frankenthal (Alemania)
www.ksb.com

8.6.5. Ficha técnica depósitos

Depósitos GFS (Glass-Fused-to-Steel):
Depósito Carbon steel weld:



CENTER ENAMEL

Glass-Fused-to-Steel Tanks

Advantages:

- Short construction period, cost effective tank solution;
- Superior corrosion resistance, service life is more than 30 years;
- Easy to install, no need for big installation equipment and/or very skilled labors;
- Tank volume is easily expanded;
- It can be dismantled, removed and relocated;
- Elegant appearance, tank color can be customized;

Leader of GFS / Enamel Tanks Industry

Glass-Fused-to-Steel Tanks Manufacturer

GFS Tanks Application Fields

Power and Energy

Biogas	Fly ash silo	Boiler feedwater
Biomass energy	DI water	Reverse osmosis water
Process water	Coal storage	Fermentation tank

Waste Water Treatment

Buffer pool	Aerobic reactor	Biological filter
Regulation tank	Anaerobic reactor	Leachate storage
Water purifying tank	Sedimentation container	Sludge tank
Effluent treatment	Irrigation water	Animal wastes

Water Supply and Treatment

Potable water	Bitter-brackish water	Biological filter
Water purifying tank	Disinfecting water	Sedimentation container
RO water	Sea water desalination	Raw water/fresh water
Fire-fighting water	Irrigation water	Clarification pool
Lime silo	Saline water/brine water	Aeration tank

Industrial Dry Bulk Storage

Mineral	Wood product	Stone / clay / glass
Chemicals	Petrochemicals	Mining Industry
Foods	Plastics	Grain / seeds

Depósitos Epoxy:



Fusion Bonded Epoxy Tanks



With more than 30 years engineering, fabrication and construction experiences of GFS modular tanks, Center Enamel have jointly developed innovative and optimum Fusion Bonded Epoxy coating technology with AkzoNobel, the world leading producer of paints and coatings. Center Enamel epoxy tanks quickly get the clients' acceptance after its launch because of its cost-effective performance and advanced electrostatic spraying technology. Same as our superior high-quality commitment to GFS tanks, Center Enamel also give the clients best quality assurance of Fusion Bonded Epoxy modular tanks, which meet or exceed the requirement of AWWA D103-09 and ISO 9227/ASTM B117 etc.

Fusion Bonded Epoxy Tanks Advantages

- Installation requires less field equipment and less labor
- No cathodic protection required due to excellent edge coverage of panel edges and bolt holes
- Provides excellent corrosion resistance and long-term performance due to leak-free coating
- Can be repainted after service life to extend the life of the product
- Better mechanical resistance (shock and flexibility), which helps reduce damage to the coating during shipping and handling
- Easily repaired in the field if damaged
- UV resistance in the harshest sun conditions and durability and consistency of color and gloss.

Applications

Epoxy coated steel tanks are excellent in many applications:
Drinking water storage, fire water, wastewater, crude oil, refinery distillates, drilling fluids, brines, acids, alkalis, ethanol, biofuels, vegetable oils, harvested rainwater, etc.

Fusion-Boned Epoxy Coating Process



Properties of Center Enamel Fusion-Boned Epoxy Steel Tanks

Application	Test Standard	Result
Coating Color	Standard RAL 5015 sky blue	Other colors are available
Dry Film Thickness	Average Dry Thickness	5-10 mils (125-250 microns)(internal) 5-10 mils (125-250 microns)(epoxy primer+ topcoat)
Holiday Test	>1100V (all panels)	Zero-discontinuity at test voltage
Hot water immersion 90 days, 70°	AWWA C550-05	Meets/exceeds standard
Corrosion Resistance	Salt Spray ISO 9227/ASTM B117	Pass
Impact Resistance	ASTM D2794	Pass 100 in-lbs direct & reverse impact
PH Range	3-12	
Abrasion Resistance	Adhesion ASTM D3359	Adhesion ASTM D3359
Hardness	ISO15184 / ASTM D3363	2H
Chemical Immersion test	50% NaOH, 50% H2SO4	Meets/exceeds industry standard
UV Resistance	outdoor exposure testing	5 years
Color Stability	outdoor exposure testing	5 years

87

Depósito GST (Galvanized Steel Tanks) FRP Roof

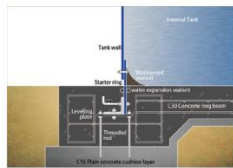


▶ Galvanized Steel Tanks

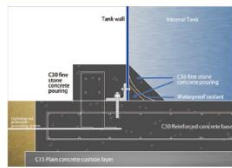
Galvanized steel tanks are an economical way of storing liquids and are primarily used for the storage of fire water, drinking water, and irrigation water applications. These tanks are designed strictly to comply with AWWA D103-09 standards and galvanized according to GB113912-2020 standards. Meanwhile, it is fabricated with galvanized steel panels bolted together making them economical, easy to transport to the project site, easy to erect, and have a long-lasting interior and exterior finish.



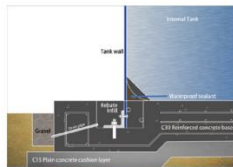
▶ Tank Foundations



Starter Ring Foundation



Above-Floor Foundation



Embedded Foundation



Enamel Floor Foundation

15

Glass-Fused-to-Steel Tanks
Manufacturer

▶ GFS / SS Tank Roof Options



Glass-Fused-to-Steel Roof

- air-tightness, often utilized for pressurized structures and provide a suitable option for odour control
- cone shape roof with external / internal beams
- viable solution for demanding applications



Aluminum Alloy Trough Deck Roof

- economical option for potable water, waste water, and fire water storage etc.
- keep out rain and wind, odour control
- without air-tightness



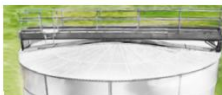
Single and Double Membrane Roof

- superior option for anaerobic digestion processes and biogas applications
- air tightness, utilized for biogas collection and odour control
- integrated AD tank with the cover on top, cost effective



FRP Roof

- suitable for no air-tightness required situation such as drinking water, agriculture, fire water, and wastewater storage
- the shape of FRP roof can be dome or flat



Stainless Steel Roof

- air-tightness, often utilized for pressurized structures and provides a suitable option for odour control
- super anti-corrosion performance and long service life
- viable solution for harsh environments

16

8.6.6. Ficha técnica membranas. Fabricante Hydranautics

Membranas SWC4 MAX

Nitto

HYDRANAUTICS
Nitto Group Company

SWC4 MAX

Specified Performance*

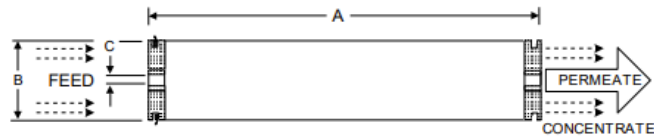
Permeate Flow:	7,200 gpd (27.3 m ³ /d)
Salt Rejection:	99.8% (99.7% minimum)
Test Conditions:	32000 ppm NaCl solution 800 psig (5.5 MPa) Applied Pressure 77 °F (25 °C) Operating Temperature 10% Permeate Recovery 6.5 - 7.0 pH Range

*The Specified Performance is based on data taken after a minimum of 10 minutes of operation. Actual testing of elements may be done at conditions which vary from these exact values; in which case, the performance is normalized back to these standard conditions. Permeate flow for individual elements may vary ± 15 percent from the value specified.

General Product Description**

Configuration:	Spiral Wound
Membrane Polymer:	Composite Polyamide
Membrane Active Area**:	440 ft ² (40.9 m ²)

Packaging: All membrane elements are supplied with a brine seal, interconnector, and O-rings. Elements are enclosed in a sealed polyethylene bag containing less than 1.0% sodium meta-bisulfite solution, and then packaged in a cardboard box.



Element Details**

A, inches (mm)	B, inches (mm)	C, inches (mm)
40.0 (1016)	7.89 (200)	1.125 (28.6)

**Values listed are indicative, not specified. For more detailed specifications, see our Technical Service Bulletin documents or contact Hydranautics Technical Department.

Product Use and Restrictions^A

Maximum Applied Pressure:	1200 psig (8.27 MPa)
Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 ppm
Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
pH Range, Continuous (Cleaning):	2-11 (1-13)
Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
Maximum Feed Flow:	75 gpm (17.0 m ³ /h)
Minimum Brine Flow:	12 gpm (2.7.0 m ³ /h)
Maximum Pressure Drop for Each Element:	15 psi (0.10 MPa)

^A The limitations shown here are for general use. For specified projects, operation at more conservative values may ensure the best performance and longest life of the membrane. See Hydranautics Technical Bulletins for more details.

Disclaimer: The information and data are presented in good faith and in lieu of all warranties. All express or implied warranties, including the warranties of merchantability and fitness for a particular purpose, are hereby disclaimed and excluded. Conditions and methods of use of our products are beyond our control. Hydranautics assumes no liability for results obtained or damages incurred through the application of the presented information and data. It is the user's responsibility to determine the appropriateness of Hydranautics' products for the user's specific end uses.

1/30/19

Hydranautics Corporate office

8.6.7. Ficha técnica filtros de arena. Fabricante Poltank



Poltank, S.A.U
Polígono Poliger Sud — Sector 1
17854 Sant Jaume de Llierca, Girona, Spain
+34 972 287 070 | www.poltank.com

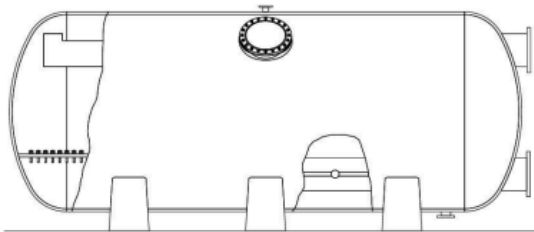
Desalation industrial filter



Technical features

Our fiberglass pressurized filters are the best option for pretreatment of salt and brackish water in the reverse osmosis process due to its total corrosion resistance.
Manufactured with internal barrier of isophthalic resin and ex-termo winding reinforcement of GRP in accordance with the UNE-EN13121 standard.
Design of collecting system, cylindrical length and connections according to requirements. We have the ability to manufacture the filters according to the specifications of each project.

DIMENSIONS



VERTICAL							
Ø		SH		H		Área de filtración / Filtration area	
mm	in	mm	in	mm	in	m²	ft²
3.5	3400	1.5	60	3.5	138	9.6	103
3.5	3400	2	79	4	138	9.6	103

HORIZONTAL							
Ø		B		T		Área de filtración / Filtration area	
mm	in	mm	in	mm	in	m²	ft²
3.4	134	3.9	154	14.5	571	43	463
3.4	134	3.9	154	12.5	492	36.7	395
3.4	134	3.9	154	10.5	413	30.3	326



Poltank, S.A.U
Polígono Poliger Sud — Sector 1
17854 Sant Jaume de Ullierca, Girona, Spain
+34 972 287 070 | www.poltank.com

Sight Glass

Ref – S



Material PMMA (polymethacrylate) filter with vinyl ester coated glass borosilicate trembled. For observation of the inside of the filter, level of filter medium and expansion during washing. It can be placed one by one in different positions. By default, it is placed centered with the maximum level of the filtered bed and to the left of the connections.

Lateral manhole

Ref – L1 / L2 / L4 / L5 / L6



Lateral manhole. By default, it is placed to the right of the connections. Manufactured in GRP with nuts and bolts in AISI 316 stainless steel and EPDM gasket. It can be placed in different positions according to customer requirements.

Top Manhole

Ref – T5 / T6



Top manhole Ø400 (16") for access and loading of the media filter. It is placed as a standard part and it is centered on the filter. Ask the possibility of placing off-center if desired according to models.
T5- Top manhole Ø500 (20")
T6- Top manhole Ø600 (24")

Vinyl-ester internal coating

Ref – V

Vinyl-ester internal coating. Vinyl-ester internal coating for greater chemical resistance for ozone applications. Maximum resistance in continuous 0.5pprm. Promptly up to 2pprm.

External UV protection

Ref – U

External UV protection. Extra layer that is applied to filter for greater UV protection. Recommended in case of outdoor installation.

Salt water contact

Ref – W

Salt water contact. Compatible with vinyl ester coating or drinking water. Suitable for saline water contact.

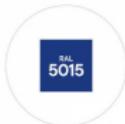
Drinking water

Ref – H

Not compatible with vinyl ester coating. Suitable for drinking water.

Standard colors

Standard colors: RAL 5015 blue. Ask for other colors to our Sales team.



8.6.8. Ficha técnica filtros de cartucho

Harmsco® Waterbetter 5x170FL COAT

HARMSCO®

WB5x

5x170FL WaterBetter® Filter Housing

High Capacity Design

Lower Operation Cost

- High flow capability
- Lower overall operating cost
- Reduced waste disposal
- Longer filter runs for fewer change-outs
- Increased contaminant removal
- Operator friendly

Features

- ▶ Patented up-flow design
- ▶ Convenient 5 jumbo-cartridge cluster design
- ▶ Fail safe lids with individual studs
- ▶ Rated for pressures to 125 PSI
- ▶ Rated for temperatures to 140°F (60°C)
- ▶ Electropolished 304 stainless steel housing with CPVC standpipes
- ▶ Minimal pressure drop with Harmsco® cartridges due to pleated design and increased filter area

Applications

- ▶ Commercial/Residential Drinking Water
- ▶ Cooling Tower Filtration
- ▶ Desalination Pre-filtration (coated option)
- ▶ Surface Water Treatment Rule (SWTR) LT2
- ▶ Industrial Waste Water Treatment
- ▶ Reverse Osmosis Pre-filtration
- ▶ Ground Water Remediation
- ▶ Utility Water
- ▶ Ground Water Under Direct Influence (GUDI)



WB 5x170FL



HARMSCO® Filtration Products



Made in USA

Harmsco® 5x170FL WaterBetter® Filter Housing WB5x

Cartridge Sizing Guide

Cartridges available in the following media:

Polyester-Plus™, Harmsco-Free, SureSafe™, EZ Clean, Poly-Mesh

Filter Model	Nº. of Cartridges	Pleated Media Area (sq.ft.)	Length (in.)	O.D. (in.)	Recommended Flow Rate* (GPM)	Max Flow Rate (GPM)	Max Flow Rate (LPM)	Max Flow Rate (M³/HR)
WB 5x170FL	5	850	30-3/4	7-3/4	525	750	2,839	170

Poly-Pleat™

WB 5x170FL	5	500	30-3/4	7-3/4	250*	—	—	—
------------	---	-----	--------	-------	------	---	---	---

*recommended for 2 log removal

All-Poly

WB 5x170FL	5	375	30-3/4	7-3/4	300**	500	1,890	113
------------	---	-----	--------	-------	-------	-----	-------	-----

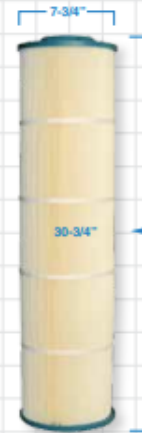
** based on 1, 5, 10, 20 and 50 micron ratings

Carbon Block

WB 5x170FL	5	450	30-3/4	7-3/4	75***	—	—	—
------------	---	-----	--------	-------	-------	---	---	---

*** recommended flow for maximum chlorine removal

Flow rates shown above are for guidelines only. Actual flow rates are based on cartridge type, micron rating, viscosity, solids content and various other factors. For complete flow and pressure and pressure drop information, please refer to your cartridge manufacturer guidelines.



Hurricane® Cartridge
Length and O.D.

Ordering Information

Filter Model	Height	Width	Diameter	Inlet	Outlet	Pipe Size I/O NPS	Drain Size NPT	Floor Space	Service Height	Shipping Wt. Lbs.
WB 5x170FL	46"	26"	26"	5"	5"	4" Flange	1-1/2"	28"x28"	85"	260

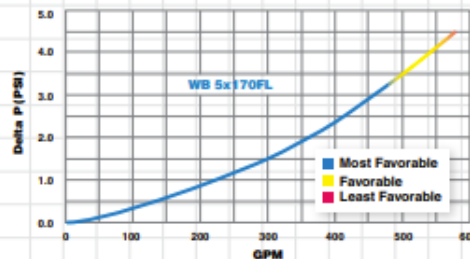
Filter Specifications

- ▶ Electropolished 304 stainless steel
- ▶ Standpipes - CPVC standard
- ▶ Inlet/Outlet - 4" flanged standard
- ▶ O-ring housing seal - Buna-N standard, EPDM, Viton optional
- ▶ Pressure - Up to 125 psi (8.6 bar) max.
- ▶ Temperature - Up to 140°F (60°C)

Pressure Drop

Pressure Drop vs. Flow Rate

The total head loss data shown indicates pressure drop with WB 5x170FL WaterBetter® filter housing and 20-micron filter cartridges in clean water.



For additional information, please refer to the "Installation & Operation Manual" for WB 5x170FL WaterBetter® Filter Housings.

Note: This publication is to be used as a guide. The data within has been obtained from many sources and is considered to be accurate. Harmsco does not assume liability for the accuracy and/or completeness of the data. Changes to the data can be made without notification. Temperature, Pressure, Flow Rates, Differential Pressures, Chemical Combinations and other unknown factors can affect performance in unknown ways. **Limited Warranty:** Harmsco warrants their products to be free of material and workmanship defects. Determination of suitability of Harmsco products for uses and applications contemplated by Buyer shall be the sole responsibility of Buyer. The end user/installer/buyer shall be liable for the product's performance and suitability regarding their specific intended applications. End users should perform their own tests to determine suitability for each application.



HARMSCO® Europe Srl

Via Salvo D'Acquisto 10a-12 46040 Guidizzolo (MN) Italia

Tel: (0039) 0376 818782 Fax: (0039) 0376 818399 • E-mail: info@harmSCOeurope.com

www.harmSCOeurope.com



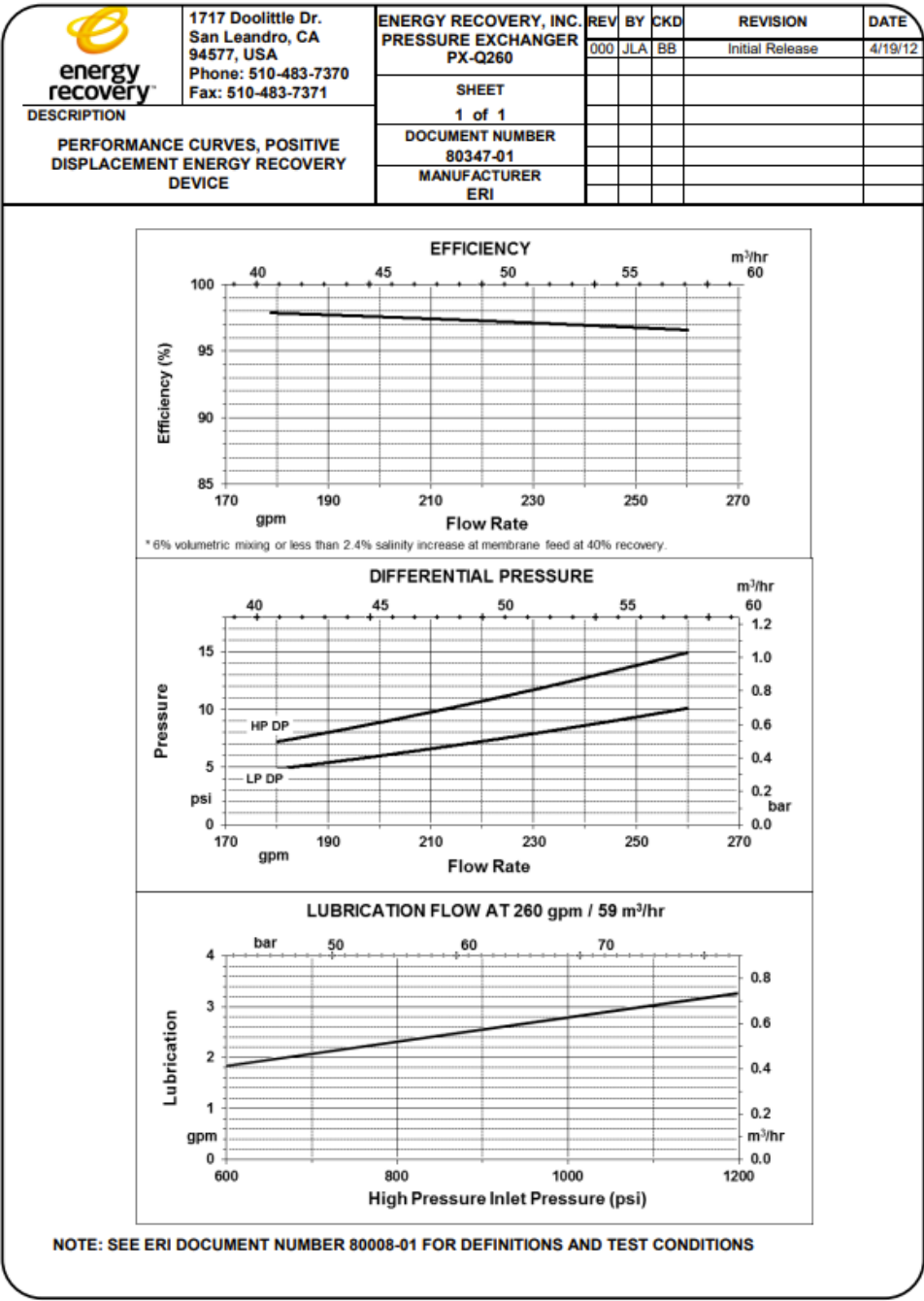
Made in USA.

© Harmsco, Inc. 05D 4/11

8.6.9. Ficha técnica intercambiador de presión. Fabricante Energy Recovery

Energy Recovery, Inc. Pressure Exchanger PX-Q260

		1717 Doolittle Dr. San Leandro, CA 94577, USA Phone: 1-510-483-7370 FAX: 1-510-483-7371	Energy Recovery, Inc. Pressure Exchanger Specifications Sheet PX-Q260		REV	BY	CKD	REVISION	DATE					
DESCRIPTION: TECHNICAL DATA SHEET, POSITIVE DISPLACEMENT ENERGY RECOVERY DEVICE					0	TDR	JLA	INITIAL RELEASE	4/18/2012					
					1	AKP	RAB	UPDATED FLOW INFO.	4/12/2018					
Sheet Page 1 of 1														
Document number: 80343-01														
1. Part number 40034					2. Service					3. Reference				
OPERATING CONDITIONS	4	Liquid	Seawater	44	TESTS	Performance				Standard				
	5	Operating Temperature	33°F-120°F (0.6-49°C)	45		Case Hydrotest				Standard				
	6	Max. Temperature	120°F (49°C)	46		Rotation Speed Test				Standard				
	7	Specific Gravity	1025.18 kg/cu.m	47		Die Penetrant Test (ceramics)				Standard				
	8	Viscosity	1.060 cP @ 70°F (21.1°C)	48		Cavitation Test				Standard				
	9	Flow range	180 - 260 gpm (40.9-59 m3/h)	49		Witnessed Test				Optional				
	10	Maximum High-Pressure Inlet Flow	260 gpm (59 m3/hr)	50										
	11	Maximum Low-Pressure Outlet Flow	260 gpm (59 m3/hr)	51										
	12	Maximum Inlet High Pressure	1200 psig (82.7 bar)	52										
	13	Maximum Inlet Low Pressure	300 psig (20.7 bar)	53										
PERFORMANCE	14	Minimum Discharge Pressure	9 psig (0.6 bar)	54	INSPECTION	Outside Dimensions				Standard				
	15	Filtration Requirement (Nominal)	20µm	55		Internal Components				Standard				
	16			56		Housing Dimensions				Standard				
	17			57		Ceramic Dimensions				Standard				
	18	Peak Efficiency	98%	58		Material Certificates				Standard				
	19	Maximum High Pressure Differential	15.7 psig (1.1 bar) @ 260 gpm	59		Visual				Standard				
	20	Maximum Low Pressure Differential	11.7 psig (0.8 bar) @ 260 gpm	60		Packing and Crating				Standard				
	21	Maximum Lubrication Flow	2.5 gpm (0.57 m3/hr)	61										
	22	Maximum Rotational Speed	1400 rpm	62										
	23	Maximum Salinity Increase at Membranes	3% @ 40% Recovery	63										
MATERIALS	24	Warranted Efficiency***	96.8%	64	SHIPPING WEIGHT AND DIMENSIONS									
	25	Noise Per ISO 3744	Less than 85 dB (A)	65										
	26	Housing**	GRP	66		PX-Q260 unit Shipping Dimensions				47x17x14 inch 119.3 43x35.5 cm				
	27	Rotor, Sleeve, Endcover Assembly	Ceramic-alumina	67		Cartridge Shipping Dimensions				20x12x12 inch 50.8x30.5x30.5 cm				
	28	Low Pressure Inlet Port Fitting	CN3MN	68		PX-Q260 unit Shipping Weight				196 lbs. (88.9 kg)				
	29	Low Pressure Outlet Port Fitting	CN3MN	69		Cartridge Weight				65 lbs. (29 kg)				
	30	High Pressure Inlet Port Fitting	CN3MN	70		Dry PX-Q260 unit weight				185 lbs. (83.9 kg)				
	31	High Pressure Outlet Port Fitting	CN3MN	71										
	32	Internal Low Pressure Interconnector*	Titanium, AL6XN* or Super Duplex	72										
	33			73										
PIPING CONNECTIONS	34	Fasteners/Hardware (non-wetted)	316SS	74	MISCELLANEOUS									
	35	Tension Rod Assembly*	AL-6XN* / C-276	75										
	36	O-rings	EPDM	76										
	37	Low Pressure Inlet Port Fitting	3" Grooved-end Flexible Pipe Coupling	77										
	38	Low Pressure Outlet Port Fitting		78										
	39	High Pressure Inlet Port Fitting		79										
	40	High Pressure Outlet Port Fitting		80										
	41			81										
	42			82										
	43			83										
*AL-6XN is a registered trademark of Allegheny Ludlum														
**Housing designed in accordance with the engineering standards of the Boiler and Pressure Vessel Code of the American Society of Mechanical Engineers.														
***The standardized efficiency test is conducted under conditions of balanced flow, 1000psi pressure and the mid-flow for the PX model under test.														
ERI RESERVES THE RIGHT TO MAKE SPECIFICATION CHANGES AT ANY TIME WITHOUT PRIOR NOTICE.														
PRICE: sales@energyrecovery.com														
MANUFACTURER: Energy Recovery Inc					MODEL: PX-Q260									



8.7. Anexo 7: Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación

Tabla 3.1 **Valores característicos de las sobrecargas de uso**

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾	2
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

SE-AE 5

Tabla 3.7 **Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas**

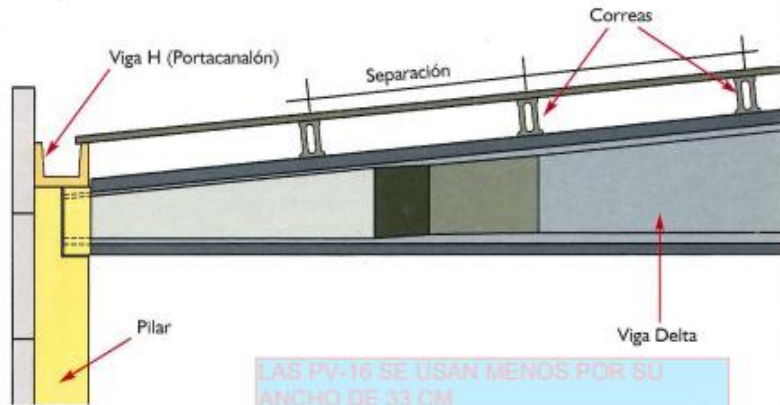
Capital	Altitud m	s _k kN/m ²	Capital	Altitud m	s _k kN/m ²	Capital	Altitud m	s _k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	San Sebastián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	0,5	Sevilla	10	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	1.090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / Ourense	130	0,4	Valencia/València	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	690	0,4
Coruña / A Coruña	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria / Gasteiz	520	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	650	0,4
Gerona / Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2

8.8. Anexo 8: Ficha técnica correas

Fabricante Vanguard.

CORREAS

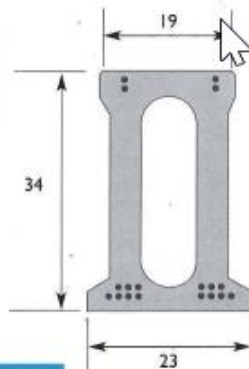
Correas formadas por placas alveolares pretensadas de canto 16 cm, ancho 33 cm, ó canto 34, ancho 23 cm de longitud variable dependiendo de las necesidades de la obra



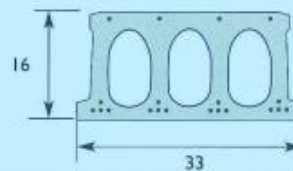
LAS PV-16 SE USAN MENOS POR SU ANCHO DE 33 CM

..... Correa PS-34

CORREA PS-34	
Tipo	Peso Último kg/m
PS-34.1	3461
PS-34.2	4771
PS-34.3	5879
PS-34.4	7368
PS-34.5	8572
PS-34.6	10712



CORREA PV-16	
Tipo	Peso Último kg/m
PV-16.1	1018
PV-16.2	1487
PV-16.3	1892
PV-16.4	2224
PV-16.5	2498



NOS BASTA LA CARGA DE NIEVE Y LA SEPARACIÓN ENTRE CORREAS (SU PESO PROPIO Y Sob uso YA SE HAN TENIDO EN CUENTA)

Longitud máxima de correas PS-34

SEPARACIÓN 1,50 M CARGA NIEVE KG/M²		
Tipo	80	100
PS-34.1	8,35	7,89
PS-34.2	9,81	9,26
PS-34.3	10,89	10,28
PS-34.4	12,19	11,51
PS-34.5	13,15	12,42
PS-34.6	14,70	13,88

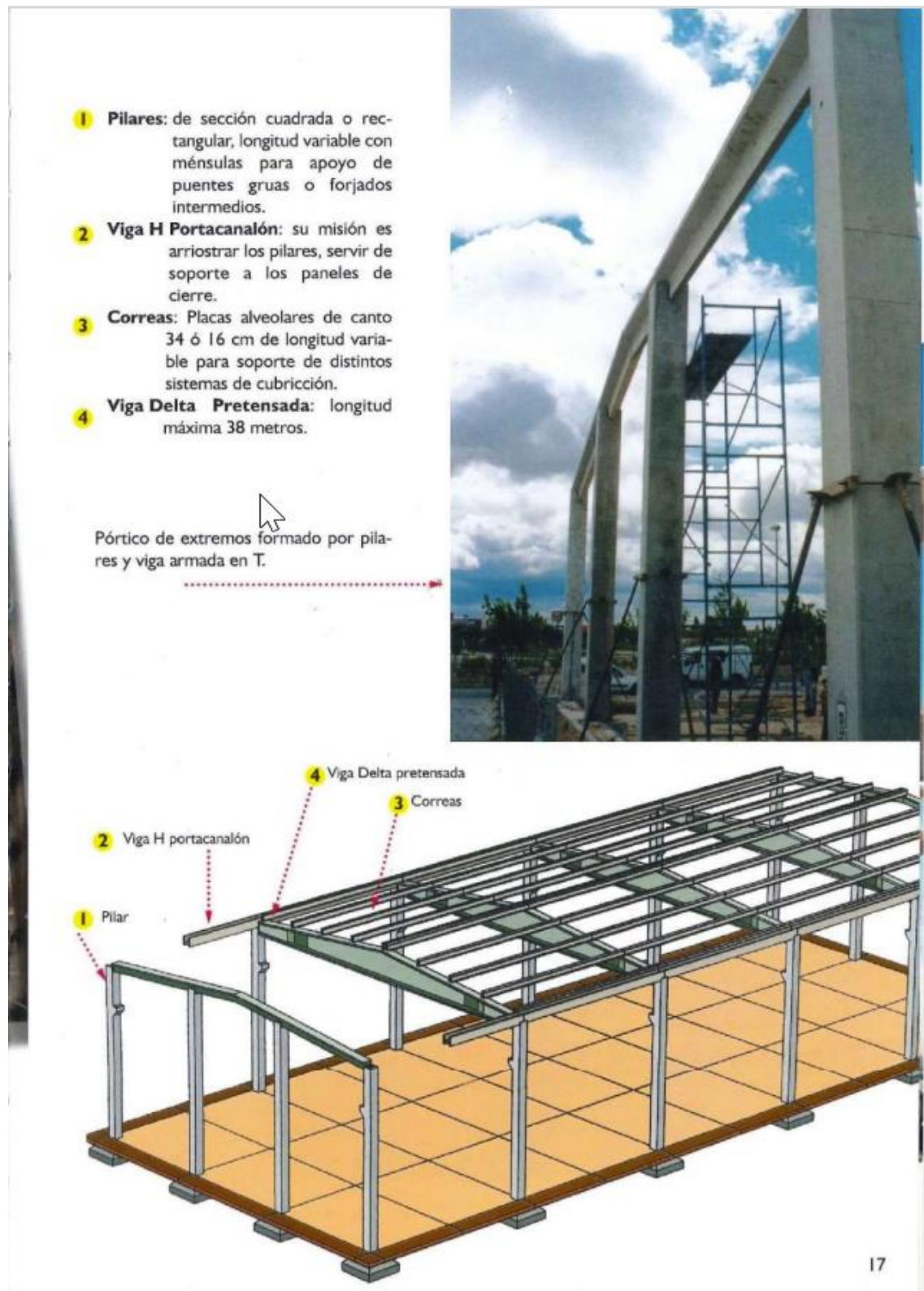
SEPARACIÓN 1,75 M CARGA NIEVE KG/M²		
Tipo	80	100
PS-34.1	7,96	7,50
PS-34.2	9,35	8,80
PS-34.3	10,38	9,77
PS-34.4	11,62	10,94
PS-34.5	12,53	11,80
PS-34.6	14,01	13,19

SEPARACIÓN 2,00 M CARGA NIEVE KG/M²		
Tipo	80	100
PS-34.1	7,62	7,16
PS-34.2	8,95	8,40
PS-34.3	9,93	9,33
PS-34.4	11,12	10,44
PS-34.5	11,99	11,26
PS-34.6	13,11	12,59



8.9. Anexo 9: Ficha técnica vigas delta

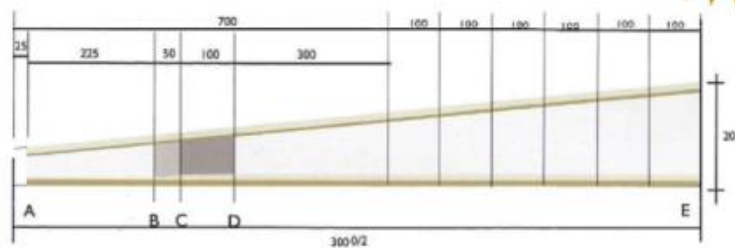
Fabricante Vanguard.



Viga Delta 3000 L

Hasta
38
Metros

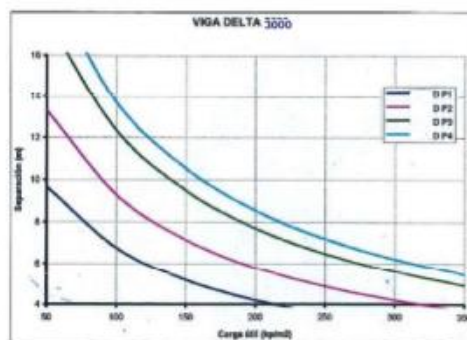
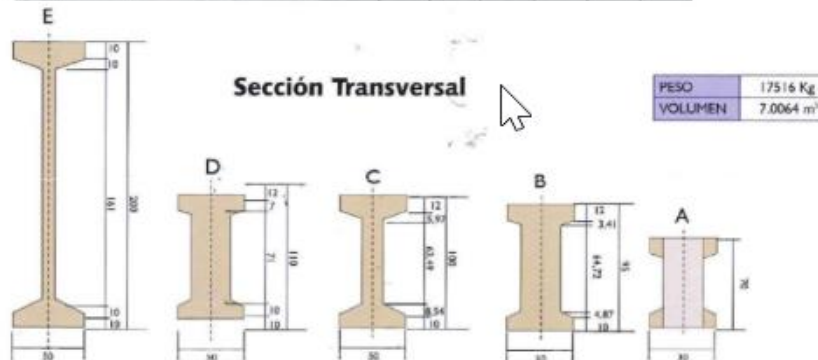
Alzado



Sección Longitudinal



Sección Transversal



Caract. Mecánicas	P1	P2	P3	P4
Momento último $x=L/3$ (Kg·m²)	214100	261400	315700	36800
Momento de fisuración $x=L/3$ (Kg·m²)	133632	165083	203286	220346
Momento de servicio $x=L/3$ (Kg·m²)	83898	115349	153552	170612
Momento de peso viga $x=L/3$ (Kg·m²)	49734	49734	49734	49734
Carga útil (Kg/m²)	1137	1566	2081	2312
Constante última $x=0.20$ (Kg)	37055	45242	54640	58292
Controrrefleja en $L/2$ a $t=0$	-1,77	-2,98	-4,77	-5,60
Flecha en $L/2$ a $t=90$	+2,30	+2,84	+3,41	+3,68

8.10. Anexo 10: Ficha técnica pilares

EHS010

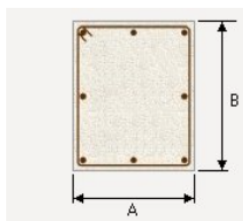
Pilar rectangular o cuadrado de hormigón armado

Pilar de sección rectangular o cuadrada de hormigón armado, de 50x50 cm de sección media, realizado con hormigón HA-25/F/20/XC2 fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 120 kg/m³; montaje y desmontaje de sistema de encofrado, con acab... [Ver más](#)

Opciones -

Tipo de sección

☒ Rectangular o cuadrada



9. CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA

CESUR. (2021). *Diagnóstico sobre las necesidades de agua en Andalucía*. Confederación de Empresarios del Sur de España (CESUR).

<https://www.cesur.org.es/assets/diagnostico-sobre-las-necesidades-de-agua-en-andalucia.pdf>

Junta de Andalucía. (2020). *Plan de ordenación del territorio de la Axarquía-Costa de Málaga*. Consejería de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio.

https://www.juntadeandalucia.es/sites/default/files/2020-12/2906_OCA_Axarquia%20Costa%20de%20Malaga.pdf

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). (s.f.). *Base de datos histórica de precipitaciones y horas de sol*. DatosClima.

Recuperado de <https://datosclima.es/Aemethistorico/Lluviasol.php>

Fundación Aquae. (s.f.). *Fundación Aquae*.

Recuperado de <https://www.fundacionaquae.org/>

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2023). *Estadística sobre el suministro y saneamiento del agua. Año 2022: Alteraciones de los municipios* [Nota de prensa]. INEbase.

Recuperado de <https://www.ine.es>

Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. (s.f.). *Estadísticas sobre la provincia de Málaga*. Junta de Andalucía.

Recuperado de

<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/sima/provincia.htm?prov=29>

Junta de Andalucía. (s.f.). *Agua*.

Recuperado de

<https://www.juntadeandalucia.es/temas/medioambiente/recursos/agua.html>

Jiménez Shaw, C. (2002). *Régimen jurídico de la desalación del agua marina*. Tirant lo Blanch.

Asociación Española de Desalación y Reciclaje (AEDyR). (s.f.). *Tipos de sistemas de descarga de salmuera de la desalación*.

Recuperado de <https://aedyr.com/tipos-sistemas-descarga-salmuera-desalacion/>

Wilf, M. (2006). The guidebook to membrane desalination technology: reverse osmosis, nanofiltration and hybrid systems. Process, design, applications and economics.

García Arancón, Jesús Lopez Fuentes, Susana y Palomino Castejón, Oscar.

Descripción del proyecto y mejoras de la desaladora de agua de mar del Campo de Dalías [Documento de Word]. ACUAMED y Veolia Water Systems Ibérica, S.L.

Olabarria, P. M. (2012). *Desalacion De Agua Mediante Osmosis Inversa Ingeniería Constructiva*.

Areamecanica. (2013, abril 21). *Ingeniería mecánica: Bombas centrífugas de cámara partida*. Areamecanica.

Recuperado de <https://areamecanica.wordpress.com/2013/04/21/ingenieria-mecanica-bombas-centrifugasde-camara-partida/>

D'aQua. (s.f.). *Mantenimiento de ósmosis inversa industrial*.

Recuperado de <https://www.d-aqua.com.mx/mantenimiento-osmosis-inversa-industrial/>

Asociación Española de Desalación y Reciclaje (AEDyR). (s.f.). *Aplicaciones industriales del tratamiento de agua por ósmosis inversa*.

Recuperado de <https://aedyr.com/aplicaciones-industrias-tratamiento-agua-osmosis-inversa/>

Sitios web:

<https://www.sulzer.com/es-es/products>

<https://www.bigbrandwater.com/hydranauticsmembranes.html>

<https://energyrecovery.com/>

<https://www.poltank.com/>

<https://www.ksb.com/en-de/product>

<https://ide-tech.com/en/>

<https://www.cectank.com/>

<https://www.awwa.org/>

<https://www.itccanarias.org/web/es>

https://generadordeprecios.info/obra_nueva

<https://preciocentro.com/>

<https://www.vanguardstructures.co.uk/>